Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomathique
T. LVI Nos 9-10 1949

Chronique et Correspondance

Une flore d'esprit nouveau (1)

D'après son titre, on serait tenté de n'attribuer à cette œuvre qu'un intérêt local; ce serait là une très grave erreur. Dès le début (t. I, préface), M. Harant note qu'il n'y a plus besoin de démontrer que « la Biologie est une : de la Cytologie, fondement de la Génétique, à la Sociologie comparative, la Morphologie, la Physiologie, la Systématique en utilisant leurs méthodes respectives, concourent ensemble à la connaissance du *Bios* ». G. Arnaud (t. II, préface) montre les énormes difficultés que le mycologue rencontre à consulter des ouvrages généraux comme ceux de Saccardo et Oudemans, et les avantages qui résultent de l'adoption de limites géographiques plus étroites (revision attentive, faits contrôlés) ; des Cryptogames parasites, même rares, n'ont qu'une « localisation apparente », d'autres sont cosmopolites... Aussi pourrait-on dire « qu'il n'y a pas d'œuvre locale en systématique mycologique » et que celle-ci, « d'apparence limitée, a un intérêt général pour la Mycologie mondiale ».

Ces deux volumes ne constituent pas seulement une « Flore » dans le sens où l'on entend généralement ce mot, car ils exposent des idées qui, s'appuyant toujours sur des faits, doivent retenir l'attention et appellent la discussion. Se référant uniquement à la nomenclature mycologique, G. Arnaud montre les méfaits dus à la *Loi de priorité* que A. de Candolle avait cru capable d'éviter les changements de noms; il attaque également *le dogme de la diagnose :* l'obligation de rédiger la diagnose en « une langue désuète » ne s'accompagne même pas de celle de la faire aussi complète que possible, ni de l'éclairer par un dessin. G. Arnaud est aussi amené à parler des « nomina conservanda » et de ce qu'un botaniste américain appelle plaisamment « la maladie du nobis » qui sévit parmi les systématiciens. (Notons que ces remarques sont également valables pour les Phanérogames, même de nos pays, contrairement à ce que semble penser G. Arnaud à leur sujet.) Kuhnholtz-Lordat a le « culte du fait » (c'est le titre de la première partie de sa « Justification ») ; il montre la nécessité d'arriver, par le travail en équipes, à la connaissance la plus parfaite possible des cœnobioses. La tâche du maître est bien ingrate quand il s'agit d'expliquer la dénomination de certains parasites hétéroïques. La conception de sa Florule — ainsi désigne-t-il cette Flore — correspond à des nécessités de trois ordres différents : pédagogique (déterminations facilitées des plantes supports des parasites = matrices), scientifique (mise au point de problèmes biologiques), pratique (maladies connues dans la région). La prospection doit s'étendre à tous les végétaux, cultivés ou non, qui se retrouvent constamment ou « s'éclipsent » pour réapparaître plus tard. L'étude des cœnobioses est indispensable; le cas Pommier-Carpocapse-Moniliose est bien connu; l'intervention des animaux (mycophages, mollusques transpor-

(1) KUHNHOLTZ-LORDAT (G.). — Flore des environs immédiats de Montpellier, t. I : La Prospection phytopathologique, 1947, 117 pp., préf. de H. Harant. — KUHNHOLTZ-LORDAT (G.) et BLANCHET (G.). — Flore des environs immédiats de Montpellier, t. II : Les Végétaux vasculaires et leurs parasites Cryptogames, 1948, 459 pp., préf. de G. Arnaud. Les deux volumes chez P. Lechevalier, éditeur, Paris.

teurs...) doit être décelée, etc. La prospection complète est difficile et l'auteur en démêle les causes : systématique embrouillée, difficultés d'ordre géographique, de récolte; problèmes que posent l'hybridité; certains parasites sont spécifiques dans la nature et deviennent polyphages quand plusieurs matrices se trouvent rapprochées, etc.

La deuxième partie de ce tome I concerne la Récolte : choix et cueillette, nécessité de noter les caractères microbioclimatiques des stations, le mode de progression d'un parasite sur son hôte, etc. Le classement ne saurait se passer de fichiers; là encore, on rencontrera bien des difficultés du fait de la « nomenclature mouvante ». Dans le chapitre III (Cartographie), le phytopathologiste est mis en face de la sociologie végétale; il se servira de cette science, mais il doit s'attacher à des détails que néglige le phytosociologue : une matrice qui s'évade de sa cœnobiose préférée le retiendra autant que la densité inaccoutumée d'une espèce, la recherche des hybrides, le voisinage de matrices qui, ordinairement, participent chacune à des associations végétales différentes; des ensembles qui, comme les haies ou les massifs d'ornement, ne sont pas des associations, ont, pour lui, un très grand intérêt. Il est absolument nécessaire, non seulement de dresser les cartes de répartition des parasites, mais aussi de faire de nombreux croquis montrant la progression d'un parasite à partir d'un foyer (p. 55), l'emplacement des matrices indispensables aux hétéroïques, etc. Bien des problèmes (comme celui des syntrophes) n'ont pas reçu de solution, contrairement à ce que l'on pense généralement.

De l' « introduction d'une notion biologique (le parasitisme) dans un cadre morphologique (les phénotypes des supports) » résulte cette Flore (t. II) d'une conception nouvelle. On y trouve : les hyperparasites cryptogamiques (ceux qui sont recensés sont très peu nombreux), les parasites (Phanérogames et Cryptogames), les Phanérogames supports vivants ou matrices, toutes plantes notées dans un rayon de 10 à 12 kilomètres autour de Montpellier, en retenant encore une fois que les espèces susceptibles d'être observées et non encore récoltées sont mentionnées entre crochets. La Flore débute par une Classification générale qui n'indique que les très grandes divisions. En effet, l'auteur n'a pas adopté l'ordre systématique de tel ou tel classificateur, mais l'ordre alphabétique. Ainsi se succèdent : noms de genres (Phanérogames et Cryptogames vasculaires), de familles, noms vulgaires (par ex. Camomilles, Pavots, Roseaux, Rosacées cultivées, etc.). Si le genre est représenté dans la région étudiée par plusieurs espèces, il comporte une clé dichotomique, le nom spécifique des matrices étant suivi d'un ou plusieurs chiffres « gras » qui renvoient à la liste des Parasites. Si le genre a été diversement compris, un tableau indique les principales modifications taxonomiques s'appuyant sur des caractères distinctifs, par ex. genres *Buphthalmum* s. l. (incluant *Pallenis, Odontospermum*), *Anthemis* (incluant *Cota, Ormenis*), *Poa* s. l., *Triticum* s. l. Quand cela a paru utile, l'auteur a indiqué le nombre des chromosomes... quand il est connu, par ex. pour les Blés. Dans chaque genre, figurent d'abord les espèces spontanées, les espèces cultivées formant un autre groupe. Bien que les variétés et hydrides soient mentionnés, il est bien évident que cette Flore ne peut remplacer les ouvrages spécialement consacrés aux Rosiers et aux Vignes. Les chiffres qui suivent les noms spécifiques des matrices renvoient donc à la liste des Parasites récoltés (ceux conservés en herbier furent revisés) et les noms des maladies consacrés par l'usage ne sont pas négligés, non plus que les aspects qu'elles imposent aux végétaux et leur mode de propagation. L'auteur ne dissimule jamais les incertitudes, et indique spécialement les recherches à effectuer, notamment en ce qui concerne le cycle (maturation des asques, dissémination des ascospores, etc.). Relativement aux Dialypétales, l'auteur remarque que la constitution des « groupes » varie beaucoup suivant les combinaisons de caractères qui semblent justes aux différents classificateurs, aussi dresse-t-il un autre tableau (pp. 143-145) où figurent les principaux caractères des Centrospermées, Disciflores, Ranales, etc. Et ces considérations qui pourraient paraître purement théoriques peuvent devenir extrêmement fécondes, car « du point de vue pathologique, on peut tirer parfois, des affinités actuellement présumées, des conclusions intéressantes sur la répartition des parasites (spécificité, polyphagie...) ». Un lexique des maladies, une classification succincte des parasites (Cryptogames) et une table alphabétique des parasites nommés dans cet ouvrage terminent cette Flore à la fois pratique, riche en documents, en sujets d'études proposés, et en idées hardies et justes.

Paul Jovet.

Importance des dépôts sédimentaires précambriens d'origine volcanique

Les acquisitions de la Paléontologie nous permettent d'imaginer assez bien l'évolution de la vie à la surface du globe et dans les océans au cours des temps géologiques, et cela pour une durée de l'ordre de 500 millions d'années (depuis le début des temps primaires).

En ce qui concerne les temps plus anciens, c'est-à-dire tout le Précambrien, ce qui représente bien plus d'un milliard d'années, les renseignements contrôlés sont rares. La plupart des terrains sédimentaires ont été métamorphisés et les traces des organismes sont bien souvent méconnaissables, discutables.

C'est ainsi que la « flore algonkienne » du Canada, représentée par des structures singulières, auxquelles on avait cru pouvoir donner des noms de genre et d'espèce (*Eozoon canadense, Aspidella terranovica, Atikokania Lawsoni et Atikokania irregularis*), mais qui ne sont que des accidents minéralogiques, se trouve réduite à quelques Algues [1].

Certaines algues calcaires ont participé à la construction de calcaires dolomitiques de type récifal, donnant des Stromatolithes du type *Collenia.* On les connaît maintenant dans le Précambrien du monde entier, que ce soit au Canada ou en Afrique équatoriale.

Parmi les traces possibles de végétaux primitifs et très anciens, on citait une sorte d'anthracite, la shungite de Carélie (U.R.S.S.) située dans l'Algonkien, puis divers schistes graphiteux et enfin des traces charbonneuses dans l'Archéen de Finlande, considérées comme des Algues (*Corycium enigmaticum*) [2].

La difficulté élémentaire provenait de l'impossibilité de savoir si le carbone était d'origine végétale ou minérale.

En 1948, K. Rankama a entrepris de nouvelles recherches sur ces matériaux, en utilisant des acquisitions et des méthodes toutes nouvelles [3].

Les gisements de phyllades à *Corycium,* découverts par Sederholm ont été retrouvés. Les *Corycium* sont représentés par de petits amas, de petits sacs, de matière charbonneuse, de 15 à 50 mm de long sur 1 à 2 mm d'épaisseur. La matière charbonneuse apparaît souvent en dépôt spiralé. L'étude spectrographique de la roche a montré la présence de Cuivre, de Vanadium et de Molybdène, toujours présents à l'état de traces dans les schistes bitumineux et les pétroles.

D'autre part, Nier, Gulbransen et Murphey venaient de démontrer l'existence de plusieurs Carbones, isotopes, de poids atomiques différents : C_{12} et C_{13}. C_{13} est concentré dans les formations calcaires et C_{12} dans les végétaux [4, 5].

Wickman fut le premier, en 1941, à appliquer cette notion à l'étude des charbons et des bitumes [6].

Ces auteurs firent une remarque essentielle: ces isotopes restent stables au cours des temps géologiques; le calcul du rapport C_{12}/C_{13} permet de préciser l'origine de n'importe quelle matière contenant du carbone.

Ce rapport C_{12}/C_{13} est constant :

Dans les calcaires	87,9 à 89,5 %
Dans l'eau de mer	89,3 %
Dans l'air	89,9 à 92,5 %
Dans les végétaux	90,2 à 92 %

Si l'on prend des végétaux actuels et fossiles, on obtient les chiffres suivants :

Végétaux actuels	91,5 à 92,8 %
Végétaux quaternaires ..	91,7 à 91,9
Lignite pliocène	91,8
Lignite crétacé	91,9
Jais jurassique ......—	91,3
Charbons carbonifères ..	91,4 à 92

Il est à noter que le rapport est le même pour le carbone animal (90,1 à 92,5 %).

Parmi les sédiments bitumineux, citons :

Boue lacustre actuelle ..	91,6
Schiste bitumineux miocène	92,6
Pétroles	91,2 à 94,1
Kuckersite d'Esthonie (Silurien)	92,5

Dans les calcaires et les carbones d'origine magmatique, on a des chiffres bien inférieurs:

Coquilles actuelles	88,7 à 89,5
Calcaire crétacé	89,3
Calcaire cambrien	89,4
Calcaires précambriens	87,9 à 89,3
Diamants de Kimberley	89

Les mêmes recherches, appliquées aux matériaux énigmatiques de Scandinavie, ont donné:

Shungite de Carélie (Algonkien)	92,7 à 92,9 %
Corycium de Finlande (Archéen	90,2 à 92 %
Graphite des phyllades	90,5 à 91,7 %

Grâce à l'utilisation des données de la géochimie et de la physico-chimie, la réalité de la nature végétale des *Corycium* du Précambrien ancien est prouvée. En même temps, se trouve affirmée l'origine de certains graphites et charbons précambriens.

Ceci offre un grand intérêt géologique, démontrant l'importance des dépôts sédimentaires d'origine organique aux premiers âges de la Terre.

R. FURON.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. C. L. FENTON et M. A. FENTON. — Walcott's precambrian Algonkian algal flora and associated animals. *Bull. Geol. Soo. Amer.*, 1936, v. 47, p. 609. Precambrian and paleozoic Algae. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1939, v. 50, p. 89.

2. J. SEDERHOLM. — Uber die primäre Natur des *Coryciums. Centralblatt Miner. Geol Pal.*, abt. B, 1924, p. 717, et 1925, p. 360.

3. K. RANKAMA. — New evidence of the origin of precambrian carbon. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1948, v. 59, pp. 389-416 (Bibliographie complète).

4. O. A. NIER et E. A. GULBRANSEN. — Variations in the relative abundance of the carbon isotopes. *Amer. Chem. Soc. J.*, 1919, v. 61, p. 697.

5. B. F. MURPHEY. — The relative abundances of the isotopes of carbon and oxygene. 1941 (Thèse manuscrite).

6. F. E. WICKMAN. — On a new possibility of calculating the total amount of coal and bitumen. *Geol. Fören Förh*, 1941, v. 63, p. 419.

VUES NOUVELLES SUR LA NOMOGRAPHIE

par Georges R. BOULANGER

Chargé de Cours à la Faculté Polytechnique de Mons et à l'Université de Bruxelles

INTRODUCTION

De tous temps l'homme a cherché à suppléer, par la mise en œuvre de moyens matériels plus ou moins appropriés, au travail cérébral qu'implique l'exécution des calculs. On connaît les manifestations principales de cette tendance : calcul graphique, calcul mécanique [1].

Le calcul mécanique est aussi ancien que l'humanité. Il a précédé le calcul cérébral : nos ancêtres n'ont-ils pas compté tout d'abord « aux cailloux », d'où l'origine même du mot « calcul » ? Le calcul s'est présenté à eux sous une forme essentiellement concrète, et ce n'est que bien plus tard que le concept abstrait de nombre — et a fortiori celui d'opérations effectuées sur ces nombres — s'est fait jour. Ce n'est que plus tard encore que les rapprochements du calcul et de la géométrie, joints au développement du d e s s i n technique, allaient faire naître l'idée d'appliquer les arts graphiques à l'exécution des calculs. Et ce fut brusquement l'essor qui — parallèlement d'ailleurs à un renouveau extraordinaire des méthodes du calcul mécanique qui, par le truchement de l'électricité, nous conduit actuellement aux réalisations les plus spectaculaires du calcul électronique — provoqua l'éclosion de plusieurs disciplines particulièrement fécondes : la Statique graphique (base de toute la technique moderne du calcul des constructions), le Calcul par le Trait, la Nomographie, etc.

La Nomographie — à laquelle se rapportera le présent exposé — est utilisée aujourd'hui dans les branches les plus diverses de la Science et de la Technique. Elle rend des services de premier ordre, tant à l'ingénieur qu'au physicien ou au chimiste, tant au médecin qu'au financier. Et nombreux sont ceux qui font appel à elle... sans le savoir : le petit commerçant qui se sert d'une bascule de table à lecture automatique des prix, ignore généralement qu'il utilise à longueur de journée un très authentique abaque à plan mobile !...

1. Ce terme étant pris dans le sens élargi de *calcul automatique.*

Les applications de la Nomographie se caractérisent par une très grande diversité des méthodes utilisées. Avec le développement de cette technique, les procédés se multiplient sans liens apparents : il n'y a aucun caractère commun, à première vue, entre un abaque cartésien (nomogramme à entrecroisement), un nomogramme à points alignés, un nomogramme à transparent mobile. Il s'agit là, cependant, de manifestations diverses d'un principe unique.

Ce fait n'a pas échappé aux théoriciens de la Nomographie. Et Maurice d'Ocagne, au moment même où il crée de toutes pièces cette science nouvelle, montre du doigt « l'étendue des horizons » [1] qui s'ouvrent à elle, dans une synthèse qui révèle, chez son auteur, une unité de conception et une largeur de vue remarquables. Les Soreau, les Margoulis, les Tongas ont inscrit leurs travaux dans ces horizons mais, chez eux comme chez d'Ocagne, le processus fut toujours de passer du particulier au général. Et dans cette voie, personne ne s'aventurait jusqu'au bout : le théoricien, toujours, se bornait à défricher la seule partie du terrain qui lui paraissait susceptible d'être parcourue *dans l'avenir immédiat* par les praticiens.

Il faut attendre les travaux de M. René Lambert pour voir aborder d'un point de vue tout

1. Il écrit, par exemple, au sujet de sa méthode des points alignés :
« La considération de la droite mobile servant à prendre les alignements et qui peut être supposée tirée sur un plan transparent conduit tout naturellement à l'idée de tracer sur ce transparent, ou même sur plusieurs transparents superposés, des lignes moins simples, voire des systèmes d'éléments cotés pouvant donner lieu à des relations de position plus compliquées entre éléments cotés de plus en plus nombreux; cette indication sommaire suffit à faire entrevoir l'étendue des horizons qui s'ouvrent encore dans le domaine de la Nomographie. » (Maurice d'OCAGNE. — *Calcul graphique et Nomographie.* — Paris, Doin, 1907, 3e édit. 1924, p. XXV.)

à fait général le problème de la représentation nomographique plane des équations [1].

M. Lambert ne partira pas des méthodes acquises, il ne généralisera pas. Faisant abstraction du caractère toujours plus ou moins particulier des applications, il s'attachera à jeter d'emblée les fondements d'une théorie présentant vraiment un caractère de généralité totale.

Cette initiative vient à son heure. Il s'avère urgent en effet, devant les exigences chaque jour croissantes des « utilisateurs » de la Nomographie (complexité toujours plus grande des relations à traduire en nomogrammes, augmentation du nombre des variables), d'ouvrir la voie à la mise en œuvre de *toutes* les ressources du calcul nomographique. Cet objectif ne pourra être atteint que par la création d'un corps de doctrine nouveau — que nous avons proposé d'appeler *NOMOGRAPHIE GENERALE* — et qui étudiera les conditions de représentation nomographique les plus générales, au moyen d'abaques dont le nombre de plans peut être quelconque.

La contribution de M. Lambert, à laquelle nous sommes heureux de rendre ici un hommage tout particulier parce qu'elle est à la base de nos propres travaux, peut être considérée comme l'acte de naissance de cette Nomographie générale.

***

L'édification de la Nomographie générale ne sera pas sans projeter tout d'abord une lumière nouvelle sur de nombreux points de la Nomographie dite classique. En même temps qu'elle mettra en évidence les liens étroits qui existent entre les diverses méthodes nomographiques actuellement utilisées, elle fournira les éléments d'une coordination permettant une meilleure orientation des efforts qu'implique, en Nomographie, la recherche des meilleures solutions pratiques.

La Nomographie générale est appelée, d'autre part, à conduire le chercheur dans des voies essentiellement neuves. C'est qu'en effet la Nomographie est restée jusqu'à présent — toute surprenante que puisse paraître cette affirmation — dans un état d'empirisme pratiquement complet. Il n'existe aucune théorie générale du calcul nomographique et, si l'on peut faire état de quelques « recettes » plus ou moins heureuses permettant d'établir certains abaques, il n'en reste pas moins vrai que les problèmes posés par la construction et l'emploi de ces graphiques n'ont pas encore été étudiés dans leur ensemble. La Nomographie générale va pallier cette carence. Prenant alors appui sur des bases théoriques solides, la Nomographie pratique pourra sortir de l'ornière dans laquelle elle est embourbée et s'élever au rang de Science, au sens véritable du mot.

Le développement de la Nomographie générale doit s'effectuer, à notre sens, en deux étapes bien distinctes quant à leur objet :

a) Etude morphologique des abaques à plans multiples (détermination de toutes les possibilités de représentation nomographique) ;

b) Recherche des types d'équations relatifs aux diverses représentations possibles.

Nous avons apporté, dans la Thèse que nous avons présentée tout récemment à la Faculté des Sciences de Paris [1], une contribution à l'étude morphologique des abaques plans les plus généraux. Nous en préciserons ci-après la portée et nous indiquerons les résultats que nous avons obtenus.

GÉNÉRALITÉS SUR LES ABAQUES A PLANS SUPERPOSÉS

Les abaques ou nomogrammes [2] à plans superposés — dits encore abaques ou nomogrammes à plans multiples, à plans mobiles, etc... — mettent en œuvre les principes de la Nomographie plane sous leur forme la plus générale.

Notre propos n'est pas de revenir ici sur ces principes [3]. Qu'il nous suffise de rappeler que les abaques à plans multiples sont caractérisés par le fait que leurs éléments géométriques sont répartis sur plusieurs plans (réalisation

1. René Lambert. — *Structure générale des nomogrammes et des systèmes nomographiques.* — Paris, Hermann, 1937.

1. Georges-R. Boulanger. — *Contribution à la théorie générale des abaques à plans superposés.* — Bruxelles, Robert Louis, et Paris, Gauthier-Villars, 1949.

2. Nous utilisons indifféremment les mots *abaque* et *nomogramme*. Nous nous refusons, en effet, à jeter l'exclusive sur le mot *abaque* qui est très répandu et a véritablement acquis droit de cité dans le vocabulaire technique. D'autre part, nous ne pouvons admettre le rejet de *nomogramme* alors que *nomographie* est accepté unanimement sans discussion.

3. Nous conseillons au lecteur qui ne serait pas familiarisé avec les principes du calcul nomographique de relire, comme introduction à la présente étude, l'excellent article que Maurice d'Ocagne a publié dans cette Revue sous le titre : *Résumé synthétique des principes fondamentaux de la Nomographie* (1929, t. XL, pp. 325-329).

matérielle : transparents). Ces plans sont superposés et peuvent glisser les uns sur les autres. Ils réalisent, en vue de l'opération finale de lecture, des configurations diverses qui sont fonction des valeurs assignées à certaines variables figurant comme données dans les équations représentées.

Les plans sont positionnés les uns par rapport aux autres au moyen de contacts dits *de fixation*, que l'on établit entre leurs éléments géométriques respectifs. L'opération de lecture — ou résolution — s'effectue ensuite, au moyen d'un contact dit *de résolution*, comme dans les abaques à plan unique [1].

Partant de cette conception très générale des abaques à plans superposés, nous examinerons successivement les possibilités relatives à la nature des éléments, à la nature des contacts et aux modalités d'emploi (positionnement des plans et résolution). Nous aurons l'occasion de montrer ainsi comment nous avons établi la classification des abaques sur des bases nouvelles, ce qui nous a conduit notamment à revoir la terminologie classique et à la compléter sur plusieurs points.

***

Les éléments géométriques susceptibles d'être utilisés dans les abaques à plans multiples se limitent évidemment aux points (éléments sans dimension) et aux lignes (éléments à une dimension) — puisqu'ils doivent pouvoir être tracés dans des plans.

Les abaques les plus généraux sont ceux dans lesquels tous les éléments appartiennent à des faisceaux (familles de lignes cotées dépendant d'un paramètre). Les abaques comportant des points (échelles cotées, par exemple) peuvent être considérés comme des cas particuliers d'abaques dont tous les éléments sont des lignes et les abaques renfermant des éléments non cotés (éléments dits constants) apparaissent comme dérivant d'abaques plus généraux dans lesquels ces éléments constants seraient remplacés par des systèmes cotés.

Tenant compte de ces remarques, nous proposons de désigner par :

— *Abaques complets*, les abaques dont tous les éléments sont des lignes appartenant à des systèmes cotés, étant entendu, de plus, que cette qualification implique pour l'abaque l'absence de toute particularité susceptible d'en diminuer la généralité (comme par exemple la particularisation de lignes en droites ou en cercles, avec augmentation du nombre des degrés de liberté annihilés par les contacts dans lesquels sont impliqués ces éléments) ;

— *Abaques dégénérés*, les abaques dont certains éléments, cotés ou non, sont des points (échelles, pivots, etc...) ;

— *Abaques dérivés*, les abaques dont certains éléments, lignes ou points, n'appartiennent pas à des systèmes cotés [1].

Les abaques complets sont les abaques les plus généraux de leur catégorie. Le nombre des variables représentées y est maximum, ce qui justifie la terminologie proposée.

Remarquons encore que la classification que nous adoptons ci-dessus implique le choix de la *ligne* comme élément fondamental de toute représentation nomographique. Il en résulte notamment l'abandon de la notion de réseau (points à deux cotes), introduite en Nomographie par d'Ocagne, au profit de celle de deux faisceaux sécants. Ainsi que nous l'avons montré dans notre Thèse, nous y trouvons le double avantage d'une généralité plus grande et d'une meilleure organisation de la théorie.

***

Les éléments géométriques sont impliqués, lors de l'emploi d'un abaque à plusieurs plans, dans la réalisation et la constatation des contacts (fixation et résolution).

Nous adoptons comme contacts fondamentaux (conséquence logique du choix de la ligne comme élément fondamental) les contacts classiques — pris sous leur forme la plus générale — dits *tangentiels* (deux lignes tangentes) et *ponctuels* (trois lignes concourantes). Dans le premier cas, les deux éléments appartiennent toujours à deux plans distincts (car sinon le contact serait nécessairement de résolution et l'abaque ne comporterait qu'un plan), dans le second ils peuvent être répartis sur deux plans (le contact est dit *binaire*) ou sur trois plans (le contact est dit *ternaire*).

Tous les contacts que l'on pourrait être amené à utiliser en pratique peuvent se déduire de ces contacts fondamentaux, soit en les particularisant (par dégénérescence ou dérivation), soit en les combinant entre eux (sous leur forme complète, dégénérée ou dérivée).

---

1. Ces qualifications n'ont évidemment pas, pour des contacts donnés, un caractère absolu. Elles peuvent dépendre des conditions d'utilisation des abaques, déterminées par exemple par le choix des inconnues.

1. Un même abaque pourra évidemment être à la fois dégénéré et dérivé. La dégénérescence et la dérivation pourront porter sur des éléments distincts (abaques comportant à la fois des lignes constantes et des échelles) ou non (abaques comportant des points constants).

Conservant ici la terminologie classique nous désignerons par :

— *Abaques tangentiels,* les abaques dont tous les contacts sont de nature tangentielle ;

— *Abaques ponctuels,* les abaques dont tous les éléments sont de nature ponctuelle ;

— *Abaques mixtes* (au point de vue nature des contacts), les abaques qui comportent à la fois des contacts tangentiels et des contacts ponctuels.

⁂

Il nous faut enfin compléter la classification des abaques à plans multiples en tenant compte des modalités d'emploi. Nous nous placerons successivement aux deux points de vue positionnement des plans et résolution.

En ce qui concerne le positionnement des plans nous avons été amenés à considérer deux cas :

1° Chaque plan peut être positionné individuellement par rapport aux plans mis en place avant lui. Nous dirons que l'abaque est *à plans indépendants.*

2° Certains plans doivent être solidarisés préalablement à leur mise en place, pour être ensuite positionnés en bloc. L'abaque sera dit *à plans groupés* [1].

En ce qui concerne la résolution, nous classerons les abaques en *abaques simples* ou *composés,* suivant que l'opération de résolution est unique ou non, et en *abaques à résolution totale* ou *partielle,* suivant que toutes les variables peuvent être prises pour inconnues ou certaines d'entre elles seulement.

Nous verrons ultérieurement que, alors que les abaques à plan unique et les abaques à deux plans ne peuvent présenter le caractère de résolution partielle que s'ils comportent des systèmes surabondants (plusieurs systèmes représentatifs pour une même variable), les abaques à plus de deux plans peuvent être à résolution partielle sans qu'il s'y trouve de tels systèmes.

CONFIGURATION DU CHAMP NOMOGRAPHIQUE

On montre facilement que, si l'on désigne par N min. et N max. les nombres minimum et maximum des variables susceptibles d'être représentées dans un abaque complet non composé à n plans, on a les relations

$$N \text{ min.} = 2\,(3\,n - 2)$$
$$N \text{ max.} = 3\,(3\,n - 2)$$

qui correspondent respectivement aux cas où tous les contacts sont tangentiels et ponctuels.

Nous avons dressé, à partir de ces formules, un tableau qui donne les N min. et les N max. correspondant aux valeurs successives de n (fig. 1). L'examen de ce tableau permet d'énoncer quelques propriétés remarquables relatives aux représentations nomographiques complètes.

n	N min.	N max.
1	2	3
2	8	12
3	14	21
4	20	30
5	26	39
6	32	48
7	38	57
etc.	etc.	etc.

Fig. 1

Propriété I. — *Il existe des relations dont le nombre de variables est incompatible avec la possibilité d'une représentation nomographique complète non composée.*

Le tableau montre immédiatement, en effet, que les relations à 4, 5, 6, 7 et 13 variables ne peuvent pas être représentées par des abaques complets non composés. Tous les nomogrammes que l'on pourrait établir pour de telles relations ne peuvent apparaître que comme cas particuliers des abaques généraux.

Propriété II. — *L'augmentation des possibilités pour le nombre de plans d'un abaque complet, en fonction du nombre de variables des relations représentées, n'est pas monotone.*

Deux nombres de variables étant donnés on ne peut pas affirmer *a priori,* en effet, qu'au plus élevé des deux correspond le plus grand nombre de possibilités pour les plans. C'est ainsi que pour N = 12 il y a une possibilité ($n = 2$), tandis que pour N = 13 il n'y en a pas, que pour N = 21 on peut avoir $n = 3$ ou $n = 4$ (deux possibilités) tandis que pour N = 22 on a nécessairement $n = 4$ (une possibilité seulement), etc...

1. Ces caractères sont relatifs. Un abaque fonctionnant à plans indépendants pour la détermination de certaines variables peut très bien exiger le groupement de certains plans quand d'autres variables sont prises pour inconnues (voir plus loin).

Précisons aussi que nous ne retenons pas, actuellement, le principe du positionnement par tâtonnements, dont l'intérêt pratique nous paraît encore trop faible.

Propriété III. — *Un nombre de possibilités pour le nombre de plans étant donné* a priori, *on peut toujours trouver un nombre de variables à partir duquel ce nombre de possibilités est atteint ou dépassé.*

On voit, en effet, qu'à partir de N = 14 il y a toujours au moins *une* valeur de *n* admissible, qu'à partir de N = 26 il y en a toujours au moins *deux*, et ainsi de suite.

La figure 2, dans laquelle nous avons représenté les fonctions N min. et N max. et où nous avons indiqué au moyen de hachures les intervalles N min. — N max. qui correspondent aux valeurs entières successives de *n*, donne une représentation imagée de ces propriétés et met à jour, d'une manière particulièrement suggestive, la configuration générale du champ de la Nomographie. On y observe l'apparition progressive des chevauchements des zones hachurées et l'on voit par quel mécanisme ces chevauchements intéressent des nombres de zones de plus en plus élevés quand *n* augmente.

Cette figure permet également de situer la Nomographie pratique actuelle (la limite en est indiquée en trait mixte) dans le cadre de la Nomographie générale. Elle met notamment en évidence la *nature lacunaire* du domaine relatif aux petits nombres de variables et montre que les applications actuelles se localisent, en fait, dans une région dont le caractère est très particulier.

ESSAI DE REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DE LA STRUCTURE DES ABAQUES A PLANS SUPERPOSÉS

L'étude morphologique — ou étude des structures — des abaques à plans superposés est d'une importance fondamentale pour l'édification de la Nomographie générale, car c'est sur elle que seront appelés à venir prendre appui tous les développements ultérieurs.

Il ne peut être question d'aborder cette étude par les méthodes ordinaires du dessin : les figures — même réduites à l'essentiel — deviennent inextricables dès que le nombre des plans augmente quelque peu. L'emploi d'une notation symbolique (c'est la méthode adoptée par M. Lambert) offre des avantages certains, notamment pour la consignation des résultats acquis. Mais la notation symbolique ne fait pas image et constitue, pour cette raison, un moyen d'approche dont l'intérêt demeure limité. Et si l'étude des abaques à plans multiples est restée jusqu'à présent au stade de l'ébauche, il faut à notre avis en rechercher la cause dans cette carence de méthode.

C'est dans la *représentation schématique* des structures, dont nous avons donné le principe dans notre Thèse [1], que nous croyons avoir trouvé un outil d'investigation particulièrement bien adapté au but poursuivi. Par cette représentation, les relations de position des systèmes géométriques portés par les différents plans d'un abaque sont visualisées dans des schémas très précis, et dont la clarté n'est aucunement affectée par l'augmentation éventuelle du nombre des plans — ce qui confère au procédé une efficacité remarquable. De plus, les schémas obtenus sont très parlants, et cette qualité n'est pas sans faciliter grandement leur emploi.

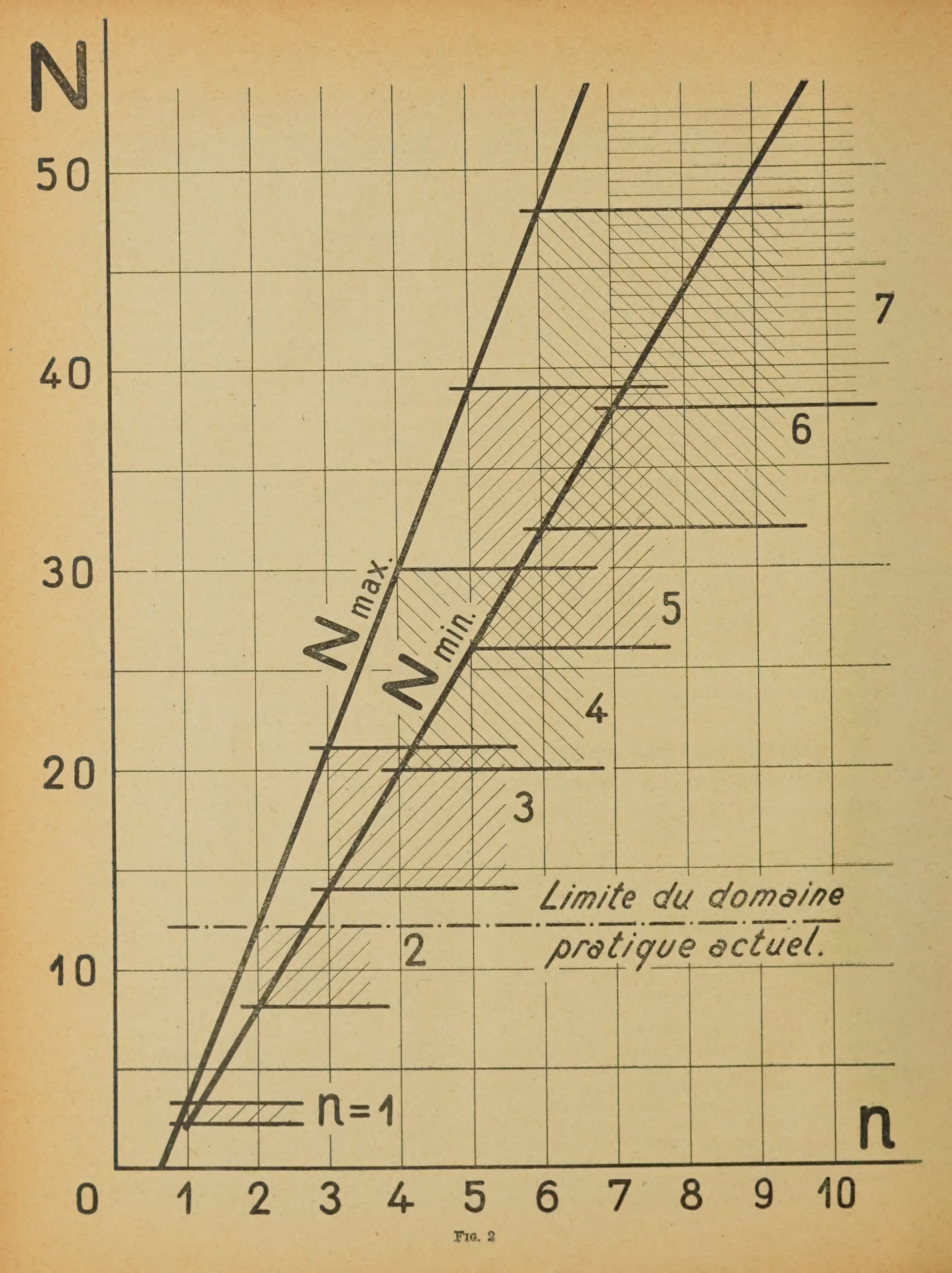
Le principe de notre représentation schématique est extrêmement simple. Il consiste à associer aux abaques dont on désire étudier la structure, des quadrillages dont les alignements horizontaux et verticaux correspondent respectivement aux plans et aux contacts établis entre ces plans, tandis que les éléments géométriques sont représentés par des symboles que l'on dispose aux nœuds relatifs aux plans et contacts intéressés. Les éléments dont les symboles sont situés sur une horizontale donnée appartiennent ainsi à un même plan tandis que ceux dont les symboles se trouvent sur une même verticale participent à un même contact.

Les systèmes de lignes cotées dont les éléments participent à un contact ponctuel sont représentés par des traits rectilignes (un trait par plan dans le cas des contacts ternaires, une croix pour les deux faisceaux sécants et un trait pour le faisceau isolé dans le cas des contacts binaires) tandis que ceux dont les éléments participent à un contact tangentiel sont représentés par des demi-cercles tracés en opposition. Les systèmes d'éléments cotés dégénérés (échelles) sont représentés par des points. Les éléments constants sont représentés par les mêmes symboles que les systèmes cotés dont ils dérivent, mais dessinés en traits plus fins (exception faite pour les points constants, qui seront symbolisés par de petits cercles évidés).

Diverses notations auxiliaires sont prévues pour rendre les représentations autonomes et complètement intelligibles par elles-mêmes. Citons pour fixer les idées :

— l'indication explicite du choix du contact de résolution, en entourant de petits cercles les éléments correspondants;

1. Voir aussi : *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. 224, pp. 181-183 (1947).



N
50
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
n
N max.
N min.
n=1
2
3
4
5
6
7
Limite du domaine
pratique actuel.

FIG. 2

— l'indication des plans groupés, en bordant les alignements correspondants d'un trait vertical;

— etc.

On peut numéroter les plans et les contacts afin d'en rendre le repérage plus commode.

***

Les schémas obtenus par le procédé qui vient d'être indiqué définissent complètement et sans ambiguïté la structure des abaques auxquels ils se rapportent. Ils donnent la nature des éléments géométriques portés par les différents plans et montrent les relations de position qui existent entre ces éléments.

Nous avons donné le nom de *formes* à ces schémas de structure.

On voit immédiatement qu'à un même abaque correspondront généralement plusieurs formes, dont l'aspect pourra dépendre de l'ordre adopté pour la succession des plans ainsi que de la disposition transversale des contacts. Il suffit évidemment, pour définir la structure d'un abaque, de donner *une* des formes sous lesquelles cette structure peut être schématisée.

***

Exemple. — La figure 3 donne, à titre d'exemple, une forme relative à la structure d'un abaque à trois plans.

Les horizontales I, II et III représentent les plans; les verticales 1, 2, 3, ... 7 représentent les contacts.

Fig. 3

Le premier plan (alignement I) porte six systèmes de lignes cotées ou faisceaux, le second (alignement II) porte cinq systèmes de même nature et le troisième (alignement III) en porte quatre.

On peut positionner le second plan par rapport au premier en réalisant les trois contacts de position 1, 2, 3. Les symboles utilisés indiquent qu'il s'agit de contacts tangentiels (tangence, pour chaque contact, d'une ligne du plan I et d'une ligne du plan II). Le troisième plan peut ensuite être mis en place par rapport aux deux premiers, qui forment maintenant bloc, au moyen des contacts tangentiels 4, 5, 6 qui font intervenir des éléments du plan I dans les contacts 4 et 5, un élément du plan II dans le contact 6.

Quand les trois plans sont solidarisés, le contact de résolution 7 détermine l'inconnue. Il s'agit d'un contact ponctuel dont les éléments sont situés dans les plans I, II et III, tout se passant maintenant comme s'il s'agissait d'un abaque à entrecroisement dessiné sur un seul plan.

Nous pensons que cet exemple met bien en lumière l'*esprit* de la méthode. Nous prions le lecteur qui désirerait des précisions complémentaires de bien vouloir se reporter à notre travail de base.

***

La classification des formes est intimement liée à celle des abaques et la terminologie relative à ces derniers peut être étendue, moyennant quelques aménagements de détail [1], aux formes correspondantes.

LES FORMES TANGENTIELLES COMPLÈTES

Nous avons développé, dans notre Thèse, l'étude des formes tangentielles complètes (formes relatives aux abaques tangentiels complets, au sens qui a été précisé plus haut).

Nous justifions ce choix comme suit :

1° L'étude des formes *tangentielles* constituera la clef de voûte de l'étude des formes ponctuelles et des formes mixtes, qui en sera l'élargissement naturel.

2° L'étude des formes *complètes* fournira l'assise des développements ultérieurs, à savoir l'étude générale des formes dégénérées et dérivées.

Nous avons préféré aussi, pour montrer l'*efficacité* de la méthode que nous proposons, étudier en profondeur le cas fondamental

1. En ce qui concerne, notamment, le groupement des plans et la résolution.

plutôt que de donner un aperçu plus large mais qui, pour rester dans les limites normales d'un travail de ce genre, aurait forcément dû rester plus superficiel.

Plans indépendants

Nous avons envisagé tout d'abord le cas des formes tangentielles complètes *à plans indépendants,* c'est-à-dire, comme nous l'avons indiqué précédemment, des formes dont tous les plans peuvent être positionnés individuellement les uns à la suite des autres.

Les caractères fondamentaux de structure de ces formes résultent immédiatement :

1° De la nécessité pour chaque plan, en vertu de l'hypothèse d'indépendance, de pouvoir être fixé par rapport à l'ensemble des plans mis en place avant lui;

2° De cette constatation évidente, que chaque plan doit jouer un rôle effectif dans l'économie de l'abaque auquel il appartient.

Désignant alors, dans chaque contact, par *élément primaire* l'élément appartenant au plan positionné d'abord et par *élément secondaire* celui qui se trouve dans le plan qui sera placé ensuite, nous pouvons énoncer les propriétés suivantes :

Propriété I. — *Chaque plan, sauf le premier, possède trois éléments secondaires de fixation et trois seulement*[1].

En effet, le positionnement d'un plan quelconque (à l'exception du premier, qui reste libre) implique la mise en œuvre de trois contacts de fixation. Un quatrième contact liant ce plan aux précédents ne pourrait être qu'un contact de résolution. Ce contact ne peut exister que pour le dernier plan.

Propriété II. — *Le premier plan possède trois éléments primaires de fixation qui forment contact avec les éléments secondaires du second plan.*

Le second plan doit toujours être fixé par rapport au premier, ce qui justifie la propriété.

Propriété III. — *Chaque plan doit porter, en plus des éléments impliqués dans les propriétés I et II, au moins un élément supplémentaire. Cet élément peut être un élément primaire de fixation ou de résolution, sauf en ce qui concerne le dernier plan pour lequel c'est obligatoirement l'élément secondaire du contact de résolution.*

Chaque plan intermédiaire doit intervenir dans le positionnement des plans qui suivent, ou participer à la constitution du contact de résolution. La propriété est ainsi justifiée pour ces plans.

Le premier plan ne pouvant servir uniquement à fixer le second (car sinon on pourrait le supprimer et prendre ce second plan comme plan initial) la propriété est également justifiée pour lui.

Quant au dernier plan, il ne peut en fixer d'autres. Pour intervenir dans l'emploi de l'abaque, il doit nécessairement porter l'élément secondaire de résolution (qui ne pourrait d'ailleurs se trouver plus haut, sous peine de rendre inutiles les plans qui suivraient le plan dont il serait solidaire).

Propriété IV. — *Le dernier plan ne peut comporter que les quatre éléments déterminés par les propriétés I et II.*

En effet, si le dernier plan comportait d'autres éléments que ceux qui sont mentionnés dans l'énoncé de la propriété, ces éléments ne pourraient être que des éléments de fixation. Cette éventualité est évidemment exclue, qu'il s'agisse d'éléments primaires (puisqu'il n'y a plus de plans à fixer après le dernier) ou secondaires (puisque le dernier plan est déjà fixé).

Remarquons d'autre part que l'on peut toujours, dans des formes données, modifier arbitrairement la disposition transversale des contacts. Il s'avère dès lors opportun de fixer *a priori* une règle d'« écriture des formes », afin qu'à des structures identiques d'abaques soient automatiquement associées des formes semblables.

C'est dans cet esprit que nous avons proposé d'appeler *formes ordonnées* — et que nous conseillons d'utiliser uniquement de telles formes — tout schéma de structure dans lequel les contacts sont rangés de manière telle :

1° Que tout élément secondaire n'ait à sa droite, comme autres éléments secondaires, que des éléments situés au même niveau que lui ou plus bas;

2° Que, dans chaque groupe de contacts dont les éléments secondaires sont situés à un même niveau, chaque élément primaire n'ait à sa droite que des éléments primaires situés au même niveau que lui ou plus bas (exception pouvant être faite pour le contact de résolution, que l'on rejettera éventuellement à l'extrême droite du schéma).

Les propriétés de répartition établies plus haut permettent de dégager, compte tenu de

1. Nous entendons évidemment par élément l'*ensemble* des lignes cotées auquel cet élément est censé appartenir.

cette définition, des caractères qui sont *communs* à toutes les formes ordonnées. Elles nous conduisent, en particulier, à classer les éléments en *éléments imposés,* placés suivant un dessin type qui se retrouve dans toutes les formes, et en *éléments arbitraires,* dont la disposition varie d'une forme à l'autre.

Le dessin imposé comporte :

1° Trois éléments primaires appartenant au premier plan et rejetés à l'extrême gauche du schéma;

2° Une ligne brisée d'éléments secondaires, barrant le schéma du coin supérieur gauche au coin inférieur droit à raison de trois éléments par plan intermédiaire et de quatre éléments pour le dernier plan.

Les autres éléments sont disposés arbitrairement à droite de cette ligne, moyennant cette double restriction qu'il s'en trouve au moins *un* par plan et qu'il ne soit pas constitué, à l'intérieur de la forme considérée, des formes autonomes à nombre de plans réduit susceptibles d'en être détachées.

La figure 4 donne, à titre d'exemple, une forme ordonnée à cinq plans dans laquelle nous avons mis en évidence ces caractères de structure. Les éléments situés à gauche de la ligne brisée *LL'* (éléments secondaires *A* et éléments primaires *B*) sont les éléments imposés et la configuration de la zone limitée par les hachures ne pourra en aucun cas être modifiée. Les éléments *C* sont les éléments arbitraires.

On peut enfin, à la lumière de ce qui vient d'être dit, énoncer une règle très simple de *génération* des formes tangentielles complètes: il suffit, en effet, pour obtenir les formes relatives à un nombre de plans déterminé, de mettre en place la diagonale des éléments imposés et de disposer à sa droite, de toutes les façons possibles (compte tenu des restrictions mentionnées plus haut) et en les ordonnant à leur tour, les éléments restants.

***

Après cette esquisse des caractères de structure, nous aborderons, dans un ordre d'idées différent, l'examen de quelques propriétés relatives au positionnement des plans et à la résolution.

Nous avons indiqué déjà que l'on peut être amené, lors de l'emploi d'un abaque donné, à prendre en considération plusieurs ordres de mise en place des plans. Il est cependant évident que les formes qui correspondent à ces divers positionnements mais schématisent, en fait, la structure *d'un même abaque* doivent, au point de vue des renseignements qu'elles peuvent fournir relativement à la morphologie de cet abaque, être considérées comme équivalentes.

Appelant dès lors mouvement de plans toute opération ayant pour résultat de modifier l'ordre de succession des plans d'un abaque ou d'une forme, nous désignerons par *formes équivalentes* des formes qui peuvent se ramener les unes aux autres par de tels

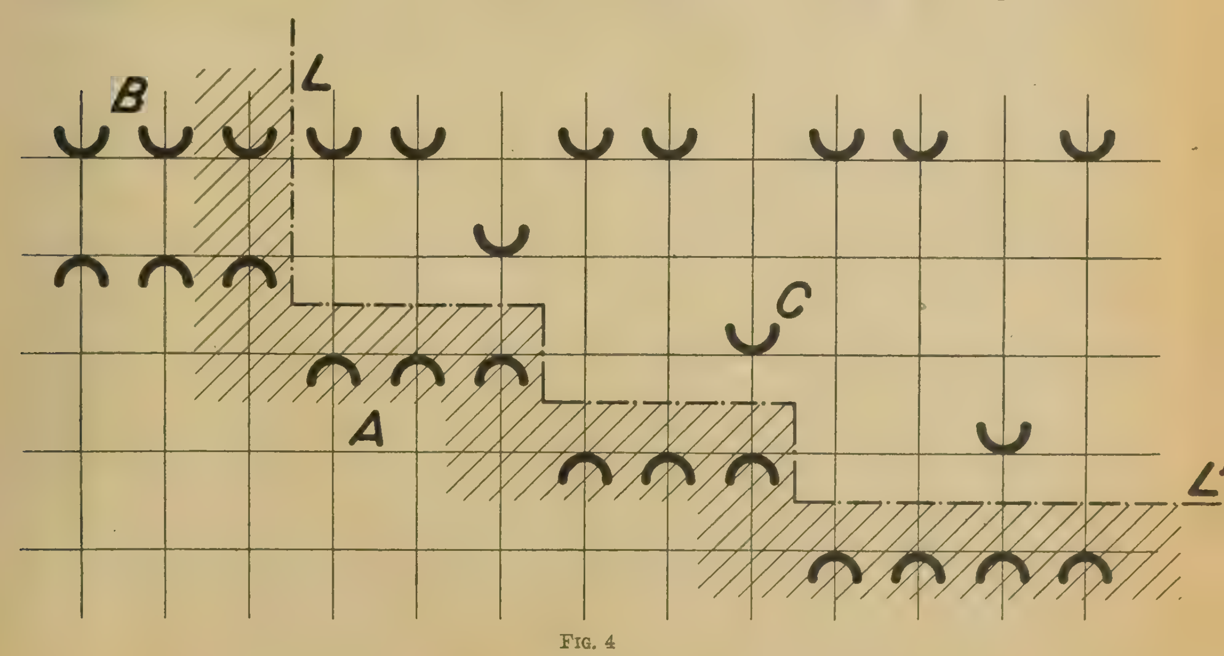


FIG. 4

mouvements, suivis d'aménagements convenables de l'ordre transversal des contacts. De telles formes correspondent à des structures d'abaque identiques.

On notera que, des deux opérations nécessaires pour ramener les unes aux autres des formes équivalentes, c'est le mouvement des plans qui, seul, présente de l'intérêt. Le reclassement horizontal des contacts n'affecte que la présentation des schémas et aucunement leurs propriétés. C'est pourquoi nous considérerons comme *identiques* les formes que l'on peut ramener les unes aux autres en modifiant simplement l'ordre des contacts et il sera toujours sous-entendu, quand nous parlerons de mouvements de plans, que cette désignation inclut l'opération secondaire de reclassement permettant de réordonner les contacts.

Nous avons établi des critères d'équivalence permettant de reconnaître *directement* l'équivalence de formes données sans devoir rechercher — opération toujours fastidieuse — s'il est possible de les ramener les unes aux autres par des mouvements de plans.

Ces critères sont basés sur la permanence de certains caractères au cours des transformations, à savoir :

— La répartition des éléments entre les différents plans;

— Le groupement des contacts dans les formes;

— Le groupement des éléments dans les plans.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des applications. Nous nous bornerons à indiquer que ces critères ne sont généralement pas complets mais que leur emploi est néanmoins très efficace, car il permet de limiter les recherches par transformation effective des formes aux seuls cas douteux — relativement peu fréquents.

***

L'intérêt évident qu'il y a à représenter des abaques de structures équivalentes au moyen de formes identiques conduit à l'idée de choisir, dans chaque cas, une forme de référence que l'on utilisera, de préférence à toute autre, pour caractériser l'abaque. Nous appellerons *forme fondamentale* cette forme de référence.

Nous avons proposé un critère, pour le choix des formes fondamentales, qui prolonge en quelque sorte celui qui permet de reconnaître les formes ordonnées (rejet au maximum des éléments vers le coin supérieur gauche des schémas). Appelant éléments aberrants les éléments placés différemment dans des formes relatives à un même abaque, nous considérerons comme fondamentale la forme ordonnée F telle que, quelle que soit la forme ordonnée F' à laquelle on la compare, le premier élément aberrant à partir de la gauche soit toujours situé plus haut dans F que dans F'.

La figure 5 montre l'application du critère et donne un exemple de forme fondamentale. L'abaque considéré présente les deux formes

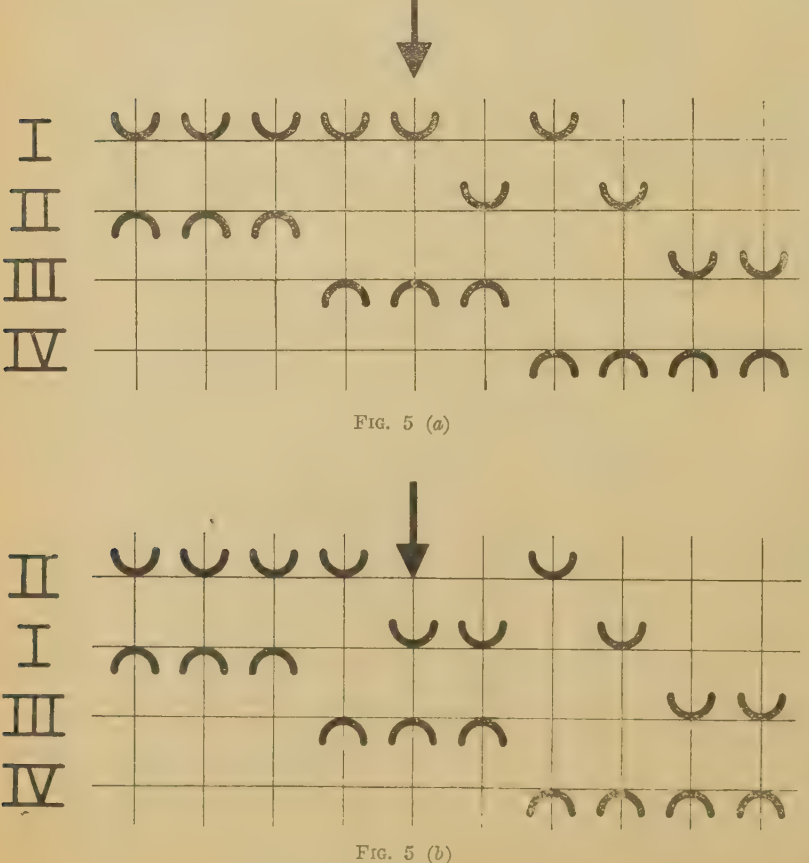


Fig. 5 (*a*)

Fig. 5 (*b*)

ordonnées (a) et (b). La forme (a) est fondamentale, car le premier élément aberrant à partir de la gauche (élément primaire du contact indiqué par la flèche) est situé plus haut dans (a) que dans (b).

Les formes non fondamentales seront appelées *formes subsidiaires.*

***

L'étude des mouvements de plans présente un intérêt fondamental au point de vue de la résolution car de ces mouvements peut dépendre la possibilité, pour certaines variables représentées dans un abaque, d'être prises pour inconnues.

Le contact de résolution, en effet, comporte nécessairement un élément appartenant au dernier plan (car sinon ce plan serait inutile). Il en résulte que, *pour un positionnement donné,* seules les variables dont les éléments représentatifs appartiennent au dernier plan ou forment contact avec des éléments de ce plan peuvent être prises pour inconnues [1]. C'est pourquoi il s'avérera généralement nécessaire, pour exploiter complètement les possibilités d'un abaque quant à la résolution, de considérer plusieurs modes de positionnement et c'est ce qui explique aussi que, contrairement à ce qui se passe pour les abaques à un et à deux plans, on peut avoir, à partir de $n = 3$ et par suite d'un manque de mobilité de certains plans, des abaques à résolution partielle sans éléments surabondants. L'importance de cette remarque n'échappera certainement pas au praticien.

1. Il n'en sera plus nécessairement ainsi dans l'hypothèse des plans groupés.

Comme, d'autre part, le dernier plan comporte toujours quatre éléments, l'examen des conditions dans lesquelles les plans à quatre éléments pourront être amenés en dernière position retiendra spécialement l'attention.

Nous avons établi quelques théorèmes relatifs au mouvement des plans quelconques (délimitation des zones de déplacement) et des plans à quatre éléments. Nous avons montré, en particulier, que *les plans à quatre éléments qui sont reliés au dernier plan de l'abaque par des chaînes de contacts ne mettant en jeu que des éléments appartenant eux-mêmes à des plans à quatre éléments, peuvent toujours être amenés en dernière position* [1].

1. Avec comme corollaire que si, à partir d'un plan de rang p d'un abaque à n plans, les $(n - p)$ plans restants sont des plans à quatre éléments, ces plans peuvent tous être amenés en dernière position.

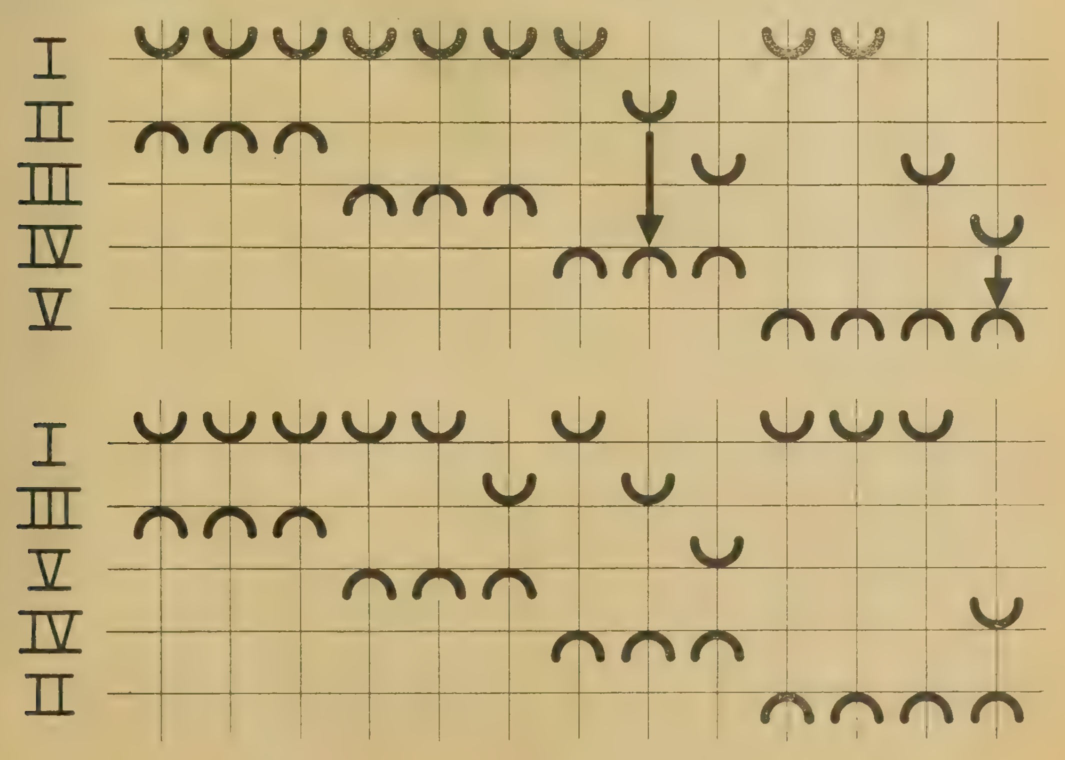


Fig. 6

La démonstration que nous avons donnée de ce théorème fournit la marche à suivre pour amener de tels plans en dernière position : il suffit de rabattre au-dessous du dernier plan de l'abaque, en inversant leur ordre de succession, les plans impliqués dans les contacts successifs à partir du plan que l'on désire amener en dernière position.

La figure 6 donne, à titre d'exemple, la structure d'un abaque à cinq plans dans lequel le plan II (forme supérieure, chaîne de contacts indiquée par les flèches) répond à la condition du théorème. Le plan II a été amené en dernière position (forme inférieure) moyennant adoption de l'ordre I - III - V - IV - II de succession des plans.

La théorie de la résolution est entièrement dominée par l'étude du mouvement des plans à quatre éléments. Nous renvoyons à notre Thèse pour l'énoncé des propriétés fondamentales, qui toutes résultent immédiatement des propriétés de mouvement.

Attirons enfin l'attention sur le fait que des mouvements de plans effectués sur une forme donnée peuvent, dans certains cas, conduire à une ou plusieurs formes identiques à la forme de départ quant à la *disposition* des éléments, abstraction faite de leur *individualité*. De telles formes devront être considérées comme distinctes chaque fois qu'elles permettront de déterminer des variables différentes [1].

⁂

Nous avons généré les formes à trois, quatre et cinq plans, et nous avons donné dans notre Thèse les formes fondamentales relatives aux deux premiers cas.

Pour les abaques à trois plans, la génération systématique donne trois formes différentes, qui se ramènent à deux formes fondamentales distinctes. Il existe donc deux types d'abaques tangentiels complets à trois plans indépendants. Un de ces abaques est à résolution totale, l'autre à résolution partielle.

Pour les abaques à quatre plans, la génération conduit à trente formes différentes, qui se ramènent à onze formes fondamentales distinctes. Un seul, parmi les onze abaques correspondants, est à résolution totale.

En ce qui concerne les abaques à cinq plans, la génération nous a donné 510 formes distinctes. Le dépouillement de ces formes, en vue de l'obtention des formes fondamentales, est en cours.

Plans groupés

Nous donnerons enfin quelques indications relatives aux formes à plans groupés, c'est-à-dire aux formes dont certains plans doivent être solidarisés préalablement à leur positionnement. La figure 7 donne un exemple de forme de ce type. On voit, en effet, que le plan III ne peut pas être mis en place par rapport aux plans I et II qui précèdent, mais que si l'on solidarise les plans III et IV, le bloc formé par ces deux plans peut être positionné.

L'étude des formes à plans groupés est étroitement liée à celle des formes à plans indépendants. Tout groupe de plans présente, en effet, la structure d'une forme autonome — pouvant elle-même être à plans indépendants ou à plans groupés — qui possède ses propres contacts internes de fixation, mais dont le contact de résolution est remplacé par trois éléments secondaires qui assurent le positionnement par contact avec des éléments primaires extérieurs. Il comporte, de plus, au moins un élément qui justifie sa présence dans la forme et s'oppose à ce qu'on puisse le supprimer. Les groupes secondaires qui peuvent exister au sein des groupes principaux seront appelés *sous-groupes* et l'on pourra répéter pour eux ce qui a été dit pour les groupes principaux. D'un point de vue tout à fait général, les formes pourront ainsi comporter plusieurs groupes indépendants, ces groupes présentant chacun des structures plus ou moins complexes avec des étagements en profondeur d'autant plus prononcés que la mise en évidence de sous-groupes pourra être poursuivie plus avant.

I
II
III
IV

Fig. 7

1. La forme de départ sera dite *forme multiple*. On distinguera la multiplicité *réelle* et la multiplicité *apparente* suivant que — compte tenu de l'individualité des éléments — les différentes formes offrent ou non des possibilités distinctes quant à la résolution.

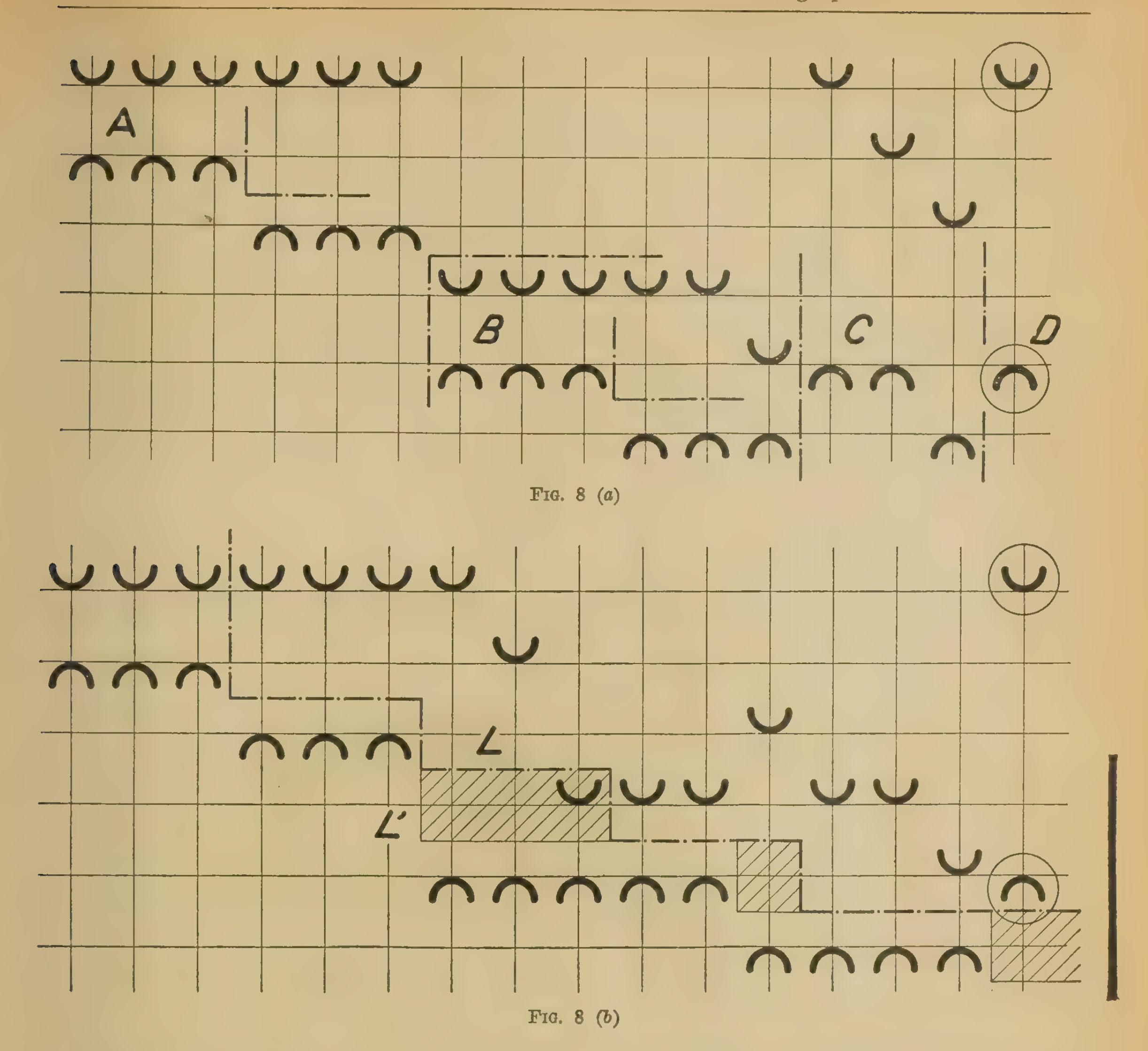


Fig. 8 (*a*)

Fig. 8 (*b*)

On peut dès lors établir, pour les formes à plans groupés, un schéma général de structure analogue à celui qui a été donné pour les formes à plans indépendants. La présence des groupes y est caractérisée, si l'on prend comme terme de comparaison une forme à plans indépendants à même nombre de plans, par le rejet de certains éléments secondaires de fixation vers le bas et le relèvement éventuel de l'élément secondaire de résolution. Tout groupe commence au droit d'un plan pour lequel il y a rejet d'un ou de plusieurs éléments secondaires de fixation sans que ce rejet existe pour le plan qui précède, et se termine au premier plan pour lequel on constate l'absence de rejet.

La figure 8 *a* met en évidence le mécanisme de la génération des groupes. Il s'agit d'une forme à six plans, dont les trois derniers sont groupés. On reconnaît en *A* la structure normale des formes à plans indépendants. Cette structure se retrouve en *B* dans le groupe. Celui-ci est fixé par les éléments *C* et participe à l'économie générale de l'abaque par l'élément *D* (secondaire de résolution).

Dans la figure 8 *b*, la forme a été ordonnée. Le tracé des lignes *L* (éléments secondaires d'une forme à plans indépendants) et *L'* (éléments secondaires de la forme à plans groupés) permet de vérifier la propriété du rejet, qui peut d'ailleurs servir de critère pour la détermination des groupes.

***

On notera que l'existence de plans groupés n'est pas toujours un caractère intrinsèque

d'un abaque ni même d'une forme. Cette existence peut dépendre de l'ordre de succession des plans (pour les abaques) et du choix du contact de résolution (pour les abaques et pour les formes).

Seuls devront être pris en considération les groupes qui ne peuvent pas être supprimés par des mouvements de plans respectant la résolution ou dont la suppression entraîne le groupement de plans qui n'étaient pas liés d'abord. Ces groupes seront dits *groupes vrais*, par opposition aux groupes *apparents* qui peuvent être éliminés par des mouvements convenablement choisis et dont l'existence s'avère ainsi purement artificielle. Quand nous parlerons de groupes, il sera toujours sous-entendu qu'il s'agit de groupes vrais.

Nous appellerons *abaques mixtes* les abaques qui comportent à la fois des formes à plans indépendants et des formes à plans groupés au sens ci-dessus. Pour de tels abaques, la nature des formes dépend du choix du contact de résolution. Elle est déterminée sans ambiguïté quand ce contact est choisi (car les groupes sont vrais).

***

On peut étendre aux formes à plans groupés la plupart des définitions qui ont été données plus haut pour les formes à plans indépendants.

La définition des formes ordonnées n'est pas affectée par le groupement éventuel de certains plans. Il est cependant à conseiller dans ce cas, pour ne pas masquer les structures, de rejeter *toujours* le contact de résolution à l'extrême droite des schémas.

La notion de formes équivalentes reste valable moyennant cette remarque, que les mouvements de plans peuvent modifier les groupements et provoquer, éventuellement, leur disparition (cas des groupes apparents ou des abaques mixtes; il y a alors équivalence entre des formes à plans groupés et des formes à plans indépendants).

La définition des formes fondamentales s'étend aux formes à plans groupés mais, comme ces formes peuvent différer à la fois par leurs éléments primaires et secondaires, l'examen des éléments aberrants devra éventuellement s'effectuer en deux étapes. On considérera d'abord les éléments secondaires, auxquels on appliquera le même critère de rejet vers le haut que celui qui est utilisé pour les éléments primaires des formes à plans indépendants. Si le critère isole une forme unique, on la prend comme forme fondamentale, quelle que soit la disposition des éléments primaires. Si le critère isole plusieurs formes caractérisées par une disposition identique des éléments secondaires on passe, mais pour ces formes seulement, à l'examen des éléments primaires.

Dans le cas des abaques mixtes, la forme fondamentale est toujours une forme à plans indépendants.

Les formes tangentielles complètes à plans groupés pourront être générées à la lumière des caractères de structure donnés plus haut. (On partira d'éléments imposés, comme pour les formes à plans indépendants.) Notons qu'il n'existe pas de formes à plans groupés pour les abaques à trois plans. Les formes à quatre plans sont les premières formes pouvant comporter un groupe vrai, les formes à huit plans un sous-groupe vrai, et ainsi de suite.

L'étude du mouvement des plans dans les formes à plans groupés repose sur les mêmes principes que l'étude du mouvement des plans indépendants. Les critères d'équivalence ne sont pas affectés par les groupements de plans.

Attirons enfin l'attention, en ce qui concerne la résolution, sur le fait que, dans les formes à plans groupés, le contact de résolution n'intéresse plus nécessairement le dernier plan (sauf évidemment si ce plan est indépendant).

***

La génération des formes tangentielles à plans groupés conduit, dans le cas de quatre plans, aux trois formes distinctes que nous avons données dans notre Thèse. Ces formes sont à résolution partielle. Une d'entre elles est équivalente à une forme à plans indépendants.

Les abaques tangentiels complets à quatre plans comportent donc *treize* types morphologiquement distincts. Ils se répartissent comme suit :

— *Dix* abaques à plans indépendants, dont *un* à résolution totale et *neuf* à résolution partielle;

— *Deux* abaques à plans groupés à résolution partielle;

— *Un* abaque mixte à résolution partielle.

Dans le cas de cinq plans, nous avons obtenu 35 formes non équivalentes. Nous nous bornerons ici à cette indication, nous réservant de revenir sur certains aspects de l'étude des formes à cinq plans dans d'autres publications.

INDICATIONS SUR LES DÉVELOPPEMENTS ULTÉRIEURS

L'étude des formes tangentielles ouvre la voie — nous l'avons dit plus haut — aux recherches relatives aux formes ponctuelles et aux formes mixtes. Restant, pour l'instant encore, dans le domaine des formes complètes, on voit qu'il suffit, par exemple, de remplacer dans les formes tangentielles chaque contact par un contact ponctuel binaire pour obtenir automatiquement toute une classe de formes ponctuelles, auxquelles la plupart des propriétés établies pour les formes tangentielles pourront être étendues directement.

Par l'examen des effets de permutation des éléments (tenant compte du caractère dissymétrique des contacts ponctuels binaires) on élargira ces vues jusqu'à embrasser la théorie complète des formes ponctuelles à contacts binaires.

L'introduction des contacts ternaires conduira alors à l'étude générale des formes ponctuelles complètes et il suffira d'examiner les conditions dans lesquelles les contacts ponctuels et tangentiels pourront coexister dans les formes pour aboutir finalement, sans difficulté de principe, à l'édification d'une théorie d'ensemble des formes complètes les plus générales [1].

« Sans difficulté de principe », venons-nous d'écrire. Seuls, les dénombrements vont se compliquer et rendre, par l'augmentation rapide du nombre des formes, l'investigation plus laborieuse. Donnons, à titre d'exemple, ce résultat dû à M. René Lambert : pour les abaques à trois plans, le nombre des configurations complètes (positionnement sans tâtonnements) s'élève à 716 !

***

Sur l'étude des formes complètes prise comme terrain d'appui, on pourra construire, avec l'aide d'une génération systématique des types de contacts, la théorie des formes particulières : dégénérées et dérivées.

Nous avons dressé un tableau de toutes les formes possibles de contacts, en partant de la définition la plus générale des contacts tangentiels (deux lignes tangentes) et des contacts ponctuels (trois lignes concourantes). Cette définition conduit à cinq types fondamentaux de contacts : deux contacts tangentiels, suivant que les lignes appartiennent à deux plans (contact T 2) ou à un plan (contact T 1), et trois contacts ponctuels suivant que les lignes appartiennent à trois plans (contact P 3), à deux plans (contact P 2) ou à un plan (contact P 1). Nous avons considéré, pour chaque type, la forme complète (c'est-à-dire ne mettant en jeu que des lignes cotées) et nous l'avons particularisée par dégénérescence (réduction des lignes à des points) et par dérivation (réduction de familles d'éléments cotés à des éléments constants).

Nous avons établi, en procédant de cette manière, que les contacts complets peuvent engendrer 95 types distincts de contacts dans lesquels un au moins des éléments est dégénéré ou dérivé, ce qui porte à 100 le nombre total des contacts de types différents qui peuvent exister. Ils se répartissent en 20 contacts tangentiels (10 contacts T 2 et 10 contacts T 1) et 80 contacts ponctuels (20 contacts P 3, 40 contacts P 2 et 20 contacts P 1). Tout contact qui ne serait pas généré de cette manière devra être considéré comme résultant d'une combinaison plus ou moins particulière de contacts prélevés parmi les types ainsi obtenus. (Exemple : le contact double, au sens de d'Ocagne, sera considéré comme résultant de la combinaison de deux contacts ponctuels binaires à faisceaux entrecroisés communs.)

Il résulte de l'examen du tableau de ces contacts que :

1° Certains contacts ne sont pas utilisables. (Exemple : les contacts entre éléments non cotés appartenant à un même plan.)

2° Certains contacts sont équivalents entre eux. (Exemple : un contact tangentiel entre deux lignes cotées appartenant à un même plan et un contact analogue entre deux points cotés.)

3° Certains contacts sont décomposables. (Exemple : un contact ponctuel ternaire entre trois points peut être décomposé en deux contacts tangentiels binaires.)

Remarquant que dans chaque série de contacts équivalents tous les contacts *sauf un* ont une figuration surabondante (lignes pouvant être remplacées par des points, lignes pouvant être supprimées, points pouvant être supprimés), nous avons retenu comme type représentatif de chaque série le contact dont la figuration n'est pas surabondante. On peut montrer alors, moyennant l'introduction de

1. On observera, à travers ces différents stades du développement de la théorie, la permanence de nombreuses propriétés établies pour les formes tangentielles. C'est ainsi, par exemple, que la notion de diagonale des éléments imposés se retrouve dans *toutes* les formes complètes à plans indépendants et domine l'étude entière de la structure de ces formes, que la loi du rejet reste valable pour toutes les formes à plans groupés, que la génération s'effectue pour toutes les formes, suivant des principes identiques, etc.

certaines notions nouvelles (notamment celle de contact de condition) et compte tenu des équivalences possibles, que tous les contacts nomographiques plus distincts et effectivement utilisables sont susceptibles d'être formés à partir de 18 contacts élémentaires qui se répartissent comme suit : 10 contacts T 2, 1 contact T 1, 4 contacts P 3, 2 contacts P 2 et 1 contact P 1.

L'introduction de ces contacts dans les formes constituera l'étape ultime du développement de l'étude générale des structures des abaques à plans multiples, et les indications qui viennent d'être données suffisent à préciser les directions dans lesquelles se manifesteront les extensions les plus immédiates de la théorie.

Avec quelques études connexes — telles l'examen de la notion d'abaque composé, l'étude des systèmes nomographiques au sens de M. Lambert, etc... — s'achèvera alors un ensemble de travaux dont l'aboutissement permettra de considérer comme atteint le premier objectif de la Nomographie générale.

CONCLUSION

Comme a bien voulu l'écrire M. Maurice Fréchet en tête de notre étude, le terrain se trouve maintenant préparé pour ceux qui entreprendront d'écrire les équations relatives aux agencements fournis par la théorie morphologique.

C'est là, avons nous dit, le second objectif de la Nomographie générale et nous espérons y voir apporter, dans un proche avenir, des contributions substantielles.

Qu'on nous permette, pour terminer, d'émettre un vœu : que ces développements puissent avoir, sur les applications de demain, l'influence la plus heureuse.

Georges R. BOULANGER.

LES LIVRES REÇUS

ANGEL (Y.). — **Les récepteurs de radiodiffusion** (Eyrolles, Paris), 1.300 francs.

BARBEROT (E.). — **Aide-mémoire de l'Architecte et du Constructeur** (Ch. Béranger, Paris et Liége). 2.100 francs, cartonné.

BRODEAU (André). — **Anisotropie, symétrie, hétérogénéité en élasticité** (Publiq. Scient. et Techniques du Ministère de l'Air). 500 francs.

BUTTERFIELD (H.). — **The origins of Modern Science 1300-1800** (G. Bell and Son, Londres). 10/6.

CASTELFRANCHI (Gaetano). — **La Physique Moderne**, tome II (Dunod, Paris). 1.800 francs.

DAVID (P.). — **Cours de Radioélectricité - 4 - Propagation des ondes** (Eyrolles, Paris). 450 francs.

DEGOUE (M.) et GENISSIEU (E.). — **Utilisation des forces hydrauliques** (Eyrolles, Paris). 1.600 francs.

DELACHET (André). — **L'Analyse mathématique** (Collect. « Que sais-je ? ». (Presses Universitaires, Paris). 92 francs.

ENGELBEEN (M.). — **Contribution expérimentale à l'étude de la biologie florale de Cinchona Ledgeriana Mœns.** (Publ. de l'I.N.E.A.C., Bruxelles). 120 francs belges.

FLORIAN (Ch.). — **L'optique sans formules** (Dunod, Paris). 1.580 francs.

GARRIGUE (Hubert). — **La recherche du nuage radioactif** (Public. Scient. et Techniques du Ministère de l'Air). 200 francs.

GAUTHERET (R. J.). — **La Cellule, principes de cytologie générale et végétale** (Albin Michel, Paris). 960 francs.

GUINTINI (Pierre). — **Les Planètes** (Coll. « Que sais-je? ». Presses Universitaires, Paris). 92 francs.

HULLEBROEK (A.) et LEONARD (A.). — **Analyse des tissus. Traité pratique** (Ch. Béranger, Paris et Liége). 680 francs.

INSOLERA (Filzdelfo). — **Teorica della capitalizzazione** (Guilio Einaudi, Turin). 1.500 lires.

JOUAUST (Raymond). — **L'Eclairage** (Coll. « Que sais-je? ». Presses Universitaires, Paris). 92 francs.

KAHAN (Théo) et MAGNAN (Claude). — **L'énergie atomique et ses applications.** (Albin Michel, Paris). 540 francs.

KARMAN (T. de) et BIOT (M. A.). — **Les méthodes mathématiques de l'Ingénieur.** (Ch. Béranger, Paris et Liége). 1.900 francs.

LOUIS (J.) et FOUARGE (J.). — **Essences forestières et bois du Congo, fasc. 6, Macrabolium Denevrei.** (Public. de l'I.N.E.A.C., Bruxelles). 90 francs belges.

MASSOULARD (Dr Emile). — **Préhistoire et protohistoire d'Egypte** (Institut d'Ethnologie, Paris).

MORGAN (Clifford T.). — **Psychologie physiologie. I. Physiologie générale, système nerveux, réceptions sensorielles. II. Aspects et modalités de comportement.** (Presses Universitaires, Paris). Chaque volume : 800 francs.

NIELSEN (Dr H.). — **Le Principe vital.** (Hachette, Paris). 350 francs.

PELLETIER (Jean-Louis). — **L'âge des mathématiques.** (Calmann-Lévy, Paris). 600 francs.

ROUVIERE (H.). — **De l'Animal à l'Homme.** (Masson, Paris). 600 francs.

SCHMITZ (G.). — **La Pyrale du caféier robusta** (Publ. de l'I.N.E.A.C., Bruxelles). 100 francs belges.

TATON (René). — **Le Calcum mécanique** (Coll. « Que sais-je ? ». Presses Universitaires, Paris). 92 francs.

THIBAUD (Jean). — **Puissance de l'Atome.** (Albin Michel, Paris). 480 francs.

TIMOSHENKO (S.) et YOUNG (D. H.). — **Théorie des Constructions.** (Ch. Béranger, Paris et Liége). 2.100 francs.

VERNOTTE (Pierre). — **La mesure de température dans la technique des moteurs d'Aviation** (Publ. Scient. et Techniques du Ministère de l'Air).

WILLIAMS (T. L.). — **De l'Opium à la Pénicilline.** (Desoer, Liége et Eyrolles, Paris). 280 francs.

Les susceptibilités magnétiques dans l'étude des structures électroniques

par Jean FLAHAUT
Pharmacien - Licencié ès Sciences

Les quinze dernières années ont vu la susceptibilité magnétique prendre place à côté des spectres atomiques et moléculaires, des diffractions par les rayons X et les électrons, comme une méthode très puissante à la disposition du physico-chimiste. Elle permet, dans certains cas, d'étudier expérimentalement les répartitions électroniques dans les atomes et les molécules. Elle donne alors la possibilité de vérifier les apports purement théoriques, obtenus par des méthodes issues de la mécanique ondulatoire. C'est ainsi que la mésomérie, comme la magnétochimie, constate les mêmes phénomènes et s'applique à résoudre les mêmes problèmes.

Avant d'aborder les rapports entre les électrons et le magnétisme, je vais rappeler quelques notions générales.

DEFINITIONS ET PROPRIETES GENERALES

A la suite des travaux de Faraday, on considère que toute substance, placée dans un champ magnétique, subit une polarisation induite, et acquiert ainsi les propriétés d'un aimant. Cette modification disparaît en général quand on supprime le champ, mais peut persister dans le cas des « aimants permanents ».

Le nouvel état de la substance peut être caractérisé par un vecteur $\vec{I}$ appelé intensité d'aimantation, qui a en général la direction du champ magnétique inducteur : $\vec{H}$

$$\vec{I} = \varkappa \vec{H}$$

Le coefficient $\varkappa$, appelé susceptibilité magnétique, est caractéristique de la substance étudiée. On a l'habitude, en magnétochimie, de le rapporter à la molécule-gramme ou à l'atome-gramme. Je le désignerai alors par K. K est relié à $\varkappa$ par la relation

$$K = \frac{\varkappa}{\delta} M$$

où δ est la masse spécifique de la substance et M sa masse atomique ou moléculaire.

Suivant la nature de l'aimantation induite, les substances sont réparties en trois groupes :

1. *Les substances diamagnétiques*, pour lesquelles $\varkappa$ est indépendant du champ magnétique et négatif. L'intensité d'aimantation est donc proportionnelle au champ, mais de sens contraire. Il apparaît un pôle + du côté où pénètrent les lignes de force, et un pôle — du côté opposé. Dans un champ hétérogène, ces substances se déplacent vers les régions les moins intenses du champ.

L'expérience montre que la susceptibilité a une valeur très faible, de l'ordre de -10^{-6}, qu'elle est indépendante de la température (c'est la première loi de Curie) et qu'elle est pratiquement indépendante de l'état physique du corps considéré.

2. *Les substances paramagnétiques*, pour lesquelles $\varkappa$ est indépendant du champ H et positif : l'intensité d'aimantation est proportionnelle au champ et a même sens. Le comportement de ces substances dans un champ magnétique est alors opposé à celui des diamagnétiques. La susceptibilité est un peu plus grande en valeur absolue que précédemment : de l'ordre de 10^{-4}. Elle dépend de la température absolue T suivant la deuxième loi de Curie

$$K = \frac{CM}{T} \quad (1)$$

où C est la constante de Curie, caractéristique du corps considéré. L'expérience montre que cette loi n'est pas toujours vérifiée et que l'on doit faire appel alors à la loi de Weiss-Curie

$$K = \frac{CM}{T + \Delta} \quad (2$$

où Δ est la « constante de champ moléculaire ».

3. *Les corps ferromagnétiques*, dont les propriétés sont fort complexes et varient considérablement avec la température, avec l'histoire antérieure du corps, avec la nature du

* Conférence faite à la Faculté de Pharmacie de Paris, le 12 mai 1949.

champ inducteur, et même avec la taille des particules considérées.

Le ferromagnétisme est rare dans la nature, puisqu'on ne le rencontre à la température ordinaire que chez les 4 éléments suivants : Fer, Nickel, Cobalt et Gadolinium et chez quelques-uns de leurs composés et alliages. On le trouve aussi chez des composés du Manganèse, bien que celui-ci ne soit pas lui-même ferromagnétique.

Malgré des études considérables, la théorie n'est pas encore au point. Il faut seulement en retenir que le ferromagnétisme n'est pas uniquement une propriété de l'atome, puisqu'on doit faire intervenir les interactions des électrons appartenant à des atomes voisins, ce qui explique que les distances interatomiques ou intermoléculaires y jouent un rôle important.

Quand il s'agira d'appliquer les résultats de l'expérience à l'étude des structures électroniques, on s'adressera à des phénomènes beaucoup plus simples, plus généraux, bien interprétés théoriquement sous tous leurs aspects et liés uniquement à l'atome. C'est ce qui se présente en général pour les corps para ou diamagnétiques, et je ne reparlerai plus par conséquent du ferromagnétisme.

LES PROCEDES DE MESURE

Nous avons vu que la susceptibilité magnétique est carastéristique de la substance étudiée. On peut donc prévoir qu'elle jouera un rôle considérable en magnétochimie. Les calculs qui permettent de trouver sa valeur à partir des données de l'expérience sont classiques. *Elle se présente naturellement dans l'expression de la force qui agit sur un échantillon placé dans un champ magnétique.* Cette force a pour composante suivant, un axe Ox

$$X = \varkappa\, v\, H \frac{dH}{dx} \qquad (3$$

où v est le volume de l'échantillon.

Dans un champ constant, $\frac{dH}{dx} = o$, et la force est nulle. On doit donc employer des champs inducteurs hétérogènes dans les appareils de mesure. D'autre part, connaissant le champ, le volume de l'échantillon et la force agissante, on peut en déduire $\varkappa$; toutes les méthodes de mesure de la susceptibilité se ramènent à des *mesures de force.* Mais on conçoit facilement que les déterminations absolues sont difficiles; il faudrait prospecter le champ point par point pour déterminer à la fois H et $\frac{dH}{dx}$ Aussi, les mesures courantes sont *toujours relatives,* le corps de référence étant l'eau.

Les méthodes proposées sont très nombreuses, comme dans tous les cas où les mesures sont délicates et la précision faible : celle-ci est habituellement voisine de 1 %.

Je ne citerai que les deux procédés fondamentaux, celui de Faraday dont dérive la balance de Curie-Chéneveau, et celui de Gouy.

Dans la *méthode de Faraday* (fig. 1), le champ hétérogène est obtenu en inclinant l'un par rapport à l'autre les deux pôles d'un aimant. L'échantillon, de forme ramassée, est placé au point où le produit $H \frac{dH}{dx}$ est maximum. Il est libre de se déplacer le long de l'axe de symétrie du champ, et la force qu'il subit est équilibrée par un pendule de torsion.

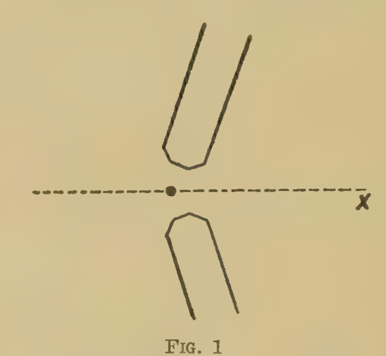


FIG. 1
Balance magnétique de Faraday
(d'après *Selwood-Magnetochemistry*).

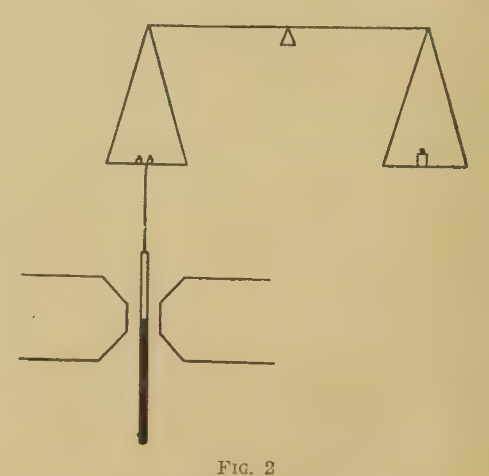


FIG. 2
Balance magnétique de Gouy
(d'après *Selwood-Magnetochemistry*).

Dans la *méthode de Gouy* (fig. 2), l'échantillon, de forme cylindrique allongée est suspendu entre les pôles d'un gros électro-aimant

sous le plateau d'une balance. Son extrémité supérieure est dans la zone de champ maximum, et l'autre extrémité est en dehors du champ de l'aimant, dans le champ terrestre qui est négligeable. Quand la substance est répartie uniformément du haut en bas de l'échantillon, la force ne dépend que de la valeur du champ aux deux extrémités.

De très nombreuses causes d'erreurs interviennent pour fausser les résultats; la principale et la plus fréquente est due certainement au manque de pureté des corps étudiés, en particulier en chimie minérale, où l'on observe les résultats les plus aberrants. Et ceci n'a pas toujours été pour simplifier l'interprétation théorique des phénomènes, à laquelle j'arrive maintenant.

ORIGINE ELECTRONIQUE DU MAGNETISME INDUIT

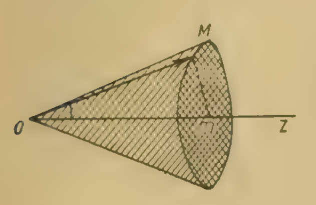
Pour comprendre l'origine du magnétisme induit, il est nécessaire de considérer les propriétés très particulières de l'électron atomique. Celui-ci est caractérisé par trois termes : son *énergie*, son moment cinétique par rapport au noyau (ou *moment angulaire*) et son *spin*, qui sont quantifiés à l'aide de quatre nombres quantiques, d'après des règles de quantification qui s'introduisent naturellement en mécanique ondulatoire. Seuls, le moment angulaire et le spin, qui traduisent à notre échelle les mouvements de l'électron, interviennent dans les propriétés magnétiques de l'atome, et nous ne nous occuperons pas du premier nombre quantique n qui n'intervient que dans la définition du niveau d'énergie de l'électron.

Moment angulaire de l'électron

Deux propriétés du moment angulaire peuvent seulement être déterminées. Ce sont :

1° *Sa longueur* qui ne peut avoir qu'un certain nombre de mesures possibles. Elles s'expriment en fonction du nombre quantique secondaire l, dont les valeurs, entières, vont de 0 à $n - 1$, pour un nombre quantique n donné.

2° *Son orientation par rapport à un axe arbitraire.* Considérons, pour fixer les idées, un vecteur OM quelconque (qui pourrait être par exemple un moment angulaire). Il revient au même pour donner son orientation à un axe OZ, de considérer l'angle au sommet ou la projection orthogonale Om sur l'axe, encore appelée composante du vecteur OM sur l'axe. C'est ainsi que pour déterminer l'orientation du moment angulaire par rapport à *un axe arbitraire de l'atome*, on utilise la composante suivant cet axe. Cette composante sures possibles, au nombre de $2l + 1$ pour une valeur donnée de l, c'est-à-dire pour une longueur donnée du moment angulaire. Ces $2l + 1$ mesures possibles sont représentées par un troisième nombre quantique, le nombre quantique magnétique m dont les valeurs sont entières et vont de $-l$ à $+l$. Ces mesures ont pour grandeur $m \frac{h}{2\pi}$ h étant la constante de Planck.



Considérons quelques exemples :

— Le cas où $l = 0$, qui caractérise les états *s*, est sans intérêt, puisque le moment angulaire est nul.

— Le cas où $l = 1$, qui caractérise les états *p*. Le nombre quantique m peut alors prendre l'une des 3 valeurs :

$$-1 \qquad 0 \qquad +1$$

le moment angulaire dont la longueur est bien déterminée par $l = 1$, peut donc avoir l'une des 3 composantes suivantes sur l'axe arbitraire :

$$-\frac{h}{2\pi} \qquad 0 \qquad +\frac{h}{2\pi}$$

Par conséquent, le moment angulaire ne peut avoir dans ce cas que l'une des trois orientations correspondant à ces trois composantes.

Mais revenons un instant à notre vecteur $\overrightarrow{OM}$. Si nous nous donnons seulement pour le définir sa longueur $|\overrightarrow{OM}|$, l'axe OZ et sa com-

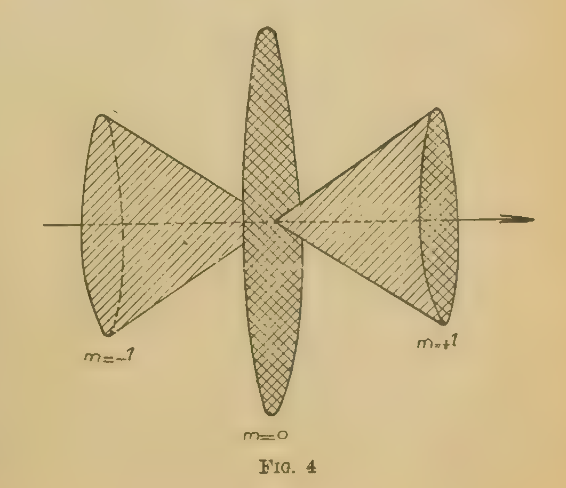


Fig. 4

posante Om (ou l'angle au sommet), sa position dans l'espace n'est pas entièrement déterminée : il peut se trouver quelque part sur un cône d'axe OZ, de sommet O et de hauteur Om. C'est ce qui se présente effectivement pour le moment angulaire. Les différentes orientations correspondant à $l = 1$ sont représentées fig. 3. On peut étendre facilement ce raisonnement aux états d et f caractérisés respectivement par $l = 2$ (avec 5 valeurs possibles de m) et $l = 3$ (avec 7 valeurs possibles de m).

Quand on fait intervenir un champ magnétique extérieur, l'axe que j'ai présenté comme arbitraire prend la direction privilégiée du champ magnétique. Et c'est là l'origine de la polarisation de la matière par un champ magnétique. Les règles précédentes ont pour conséquence que le moment angulaire M ne peut prendre qu'une série bien déterminée d'orientations par rapport au champ.

Moment magnétique orbital de l'électron

Le mouvement de l'électron autour du noyau, auquel est lié le moment angulaire que je viens de définir très schématiquement, entraîne l'apparition de phénomènes magnétiques. On peut donc s'attendre à ce que la grandeur représentative du magnétisme soit reliée directement au moment angulaire.

Considérons en effet le cas classique d'un électron en mouvement sur une orbite circulaire. Il est équivalent à un courant électrique d'intensité $i = \nu e$ où e est la charge de l'électron et ν sa fréquence de rotation. D'après les hypothèses d'Ampère, un courant fermé possède les mêmes propriétés magnétiques qu'un aimant placé perpendiculairement en son centre, de moment magnétique $\mu_L = i$S, ou S est la surface de la trajectoire. D'autre part, l'électron en mouvement sur l'orbite possède un moment cinétique qu'on peut calculer facilement en mécanique classique. En comparant les expressions de ces moments cinétiques et magnétiques, on constate qu'elles sont proportionnelle à un facteur constant $\frac{e}{2\rho c}$ près :

$$\vec{\mu}_L = \frac{e}{2\rho c}\vec{M} \qquad (5$$

où ρ est la masse de l'électron et c la vitesse de la lumière. Cette relation est valable en toute généralité, contrairement aux hypothèses de départ, et elle est en particullier valable en mécanique quantique. On peut en déduire que le moment magnétique orbital possède les mêmes règles de quantification que le moment angulaire. Ainsi : le moment magnétique orbital ne pourra prendre, pour une valeur donnée de l, qu'un certain nombre d'orientations par rapport à l'axe arbitraire de l'atome, pour lesquelles ses composantes suivant cet axe auront pour valeur, d'après (5 :

$$\mu_{LZ} = \frac{e}{2\rho c} \cdot m \frac{h}{2\pi}$$

qui est égale au produit du nombre quantique magnétique m par une expression remarquable appelée *magnéton de Bohr :*

$$\mu_B = \frac{e h}{4\pi\rho c} = 0{,}9135 \text{ erg-gauss}^{-1} \qquad (6$$

C'est la grandeur magnétique élémentaire, qui sert d'unité de mesure des moments magnétiques de l'atome.

Moment magnétique de spin de l'électron

Le spin de l'électron joue également un rôle considérable dans le magnétisme de l'atome. Le spin, qui se présente un peu comme un moment cinétique, s'en distingue essentiellement par le fait que sa longueur ne peut prendre qu'une seule valeur, et que ses composantes sur l'axe arbitraire ne peuvent prendre que deux valeurs distinctes. Celles-ci sont déterminées par le quatrième nombre quantique s qui ne peut avoir que les deux valeurs $+\frac{1}{2}$ et $-\frac{1}{2}$. La composante de spin de grandeur $s\frac{h}{2\pi}$ n'a donc que l'une des deux valeurs mesurables :

$$+\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi} \text{ et } -\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}$$

Dans un champ magnétique, l'axe arbitraire prendra comme précédemment la direction bien définie du champ, et par conséquent le spin ne pourra avoir que deux orientations bien déterminées par rapport au champ.

Comme le moment angulaire, et pour les mêmes raisons, la position dans l'espace du vecteur représentant le spin n'est pas parfaitement déterminée : pour une valeur donnée de s, il se trouve sur un cône.

Au spin de l'électron est attaché un moment magnétique μ_s qui peut s'exprimer en fonction du spin par une relation analogue à (5 :

$$\vec{\mu} = \frac{e}{\rho c}\vec{S} \qquad (6$$

dont la composante μ_{sz} suivant une direction arbitraire est égale à une magnéton de Bohr :

$$\mu_{sz} = \mu_B$$

Moment magnétique de l'atome

Le moment magnétique total de l'électron proviendra de la composition des deux moments magnétiques orbital $\vec{\mu_s}$ et de spin $\vec{\mu_z}$ Quand il y a plusieurs électrons autour du noyau, on doit composer les différents vecteurs $\vec{\mu_L}$ et $\vec{\mu_S}$, c'est-à-dire, en fait, composer les vecteurs moment angulaire $\vec{M}$ et spin $\vec{S}$ (ou plus exactement $2\vec{S}$ si on compare les expressions 5 et 6).

Les règles de composition employées sont bien connues des spectroscopistes et il est sans intérêt de les exposer ici. Dans la règle d'addition vertorielle valable dans le cas général, on compose séparément les vecteurs $\vec{M}$ et les vecteurs $\vec{S}$ par l'intermédiaire de leurs composantes, c'est-à-dire par l'intermédiaire des nombres quantiques *m* et *s*. De cette remarque et du principe d'exclusion de Pauli on peut déduire deux résultats fondamentaux. D'après ce principe « *deux électrons d'un même atome ne peuvent avoir simultanément leurs quatre nombres quantiques identiques* », d'où :

1° Il n'existe que deux électrons de mêmes nombres quantiques *n*, *l* et *m*. Ils forment par définition une « paire » d'électrons. Leurs quatrièmes nombres quantiques *s* sont nécessairement de signe opposé, et par suite la somme des composantes de leur spin est nulle. D'après la règle de composition il en est de même des spins. Autrement dit : « *le moment magnétique de spin d'électrons appariés est nul, et le moment magnétique de spin de l'atome ne peut provenir que d'électrons célibataires* ».

2° Tous les électrons de mêmes nombres quantiques *n* et *l* diffèrent par les nombres quantiques *m* ou *s*. Ils forment alors $2l + 1$ paires de spin opposé, et leur ensemble constitue la sous-couche *n l*. Les composantes des moments angulaires de toutes ces paires auront les valeurs différentes :

$$-l \quad -(l-1) \quad \text{----} \quad 0 \quad \text{---} \quad +(l-1) \quad +l$$

et leur somme est évidemment nulle. D'après la règle de composition la somme des moments angulaires sera également nulle. Par conséquent *une sous-couche saturée n'apportera aucune contribution au moment magnétique orbital de l'atome. Il en sera de même de leurs* moments magnétiques de spin puisque les électrons sont groupés par paires. D'où la règle fondamentale : « *le moment magnétique d'un atome ne peut provenir que des électrons des sous-couches insaturées* ».

La détermination du moment magnétique de l'atome se ramène donc à la composition des moments magnétiques orbitaux et de spin des électrons des couches insaturées. Les règles de composition ont été précisées par Van Vleck à la lueur des théories modernes. Il a montré que l'on devait comparer l'énergie de couplage entre le spin et le moment orbital à l'énergie moyenne d'agitation thermique *k*T où *k* est la constante de Boltzmann et T la température absolue. Si ces deux énergies sont très différentes, l'une étant ou beaucoup plus petite, ou beaucoup plus grande que l'autre, on a pour le moment magnétique résultant des expressions indépendantes de la température. Si au contraire ces deux énergies sont comparables, la température intervient dans l'expression du moment magnétique, qui est alors fort compliquée. Ce cas est celui des ions trivalents du samarium et de l'europium, alors que les moments des ions trivalents des autres terres rares sont correctement représentés par l'un des deux premiers cas. L'accord de la théorie avec l'expérience est excellent.

En résumé : *il est possible de calculer avec une bonne précision le moment magnétique d'un atome ou d'un ion, uniquement à partir des données de la spectroscopie* qui fournissent les nombres quantiques de l'atome, sans intervention de constante arbitraire. Mais il faut alors que la couche insaturée responsable du magnétisme soit à l'abri des influences extérieures : c'est précisément le cas des ions trivalents des terres rares qui ont une couche insaturée profonde recouverte par deux couches saturées.

Quand ces sous-couches sont superficielles, l'expérience montre que tout se passe comme si les orbites étaient bloquées par suite des interactions entre atomes ou ions voisins, et ne pouvaient s'orienter par rapport au champ : *le moment magnétique semble alors provenir uniquement (ou presque uniquement) des spins.*

Pour calculer dans ce cas le moment magnétique résultant, on déduit des formules de Van Vleck la curieuse relation :

$$\mu = \mu_B \sqrt{n\,(n+2)} \qquad (7)$$

où *n* est le nombre d'électrons célibataires. Cette relation nous apprend qu'il n'y a pas proportionnalité entre le nombre d'électrons célibataires et le moment résultant : par

TABLEAU I

Moments magnétiques théoriques et expérimentaux en magnétons de Bohr des ions de la première série de transition.

Ions	Nombre d'électrons 3*d*	Nombre *n* d'électrons célibataires	$\mu = \sqrt{n(n+2)}$	μ expérimental
Ti^{+4} et V^{+5}	0	0	0	0
Ti^{+3} et V^{+4}	1	1	1,73	1,77-1,79
Ti^{+2} et V^{+3}	2	2	2,83	2,76-2,85
Cr^{+3} et Mn^{+4}	3	3	3,87	3,68-4,00
Cr^{+2} et Mn^{+3}	4	4	4,90	4,8 -5,0
Mn^{+2} et Fe^{+3}	5	5	5,92	5,3 -6,0
Fe^{+2} et Co^{+3}	6	4	4,90	5,0 -5,5
Co^{+2}	7	3	3,87	4,4 -5,2
Ni^{+2}	8	2	2,83	2,9 -3,4
Cu^{+2}	9	1	1,73	1,8 -2,2
Cu^{+1} et Zn^{+2}	10	0	0	0

Nota. — Les valeurs expérimentales données dans la dernière colonne sont les valeurs extrêmes fournies par l expérience

exemple le moment de deux électrons (2,83 μ_B) n'est pas deux fois celui d'un électron (1,73 μ_B). Ceci a été la cause de nombreuses confusions.

Ce résultat est particulièrement bien vérifié pour les ions de la première famille de transition (tableau I) qui est caractérisée par le remplissage progressif de la sous-couche 3*d*. On peut mettre en évidence à ce propos une règle générale : quand on suit le remplissage progressif d'une sous-couche insaturée, les électrons ne se placent pas alternativement avec des spins opposés. Autrement dit, à un nombre pair d'électrons ne correspond pas nécessairement un spin total nul. On constate que les électrons ont tous au début leurs spins parallèles, jusqu'à ce que la couche soit à moitié remplie. Les électrons suivants, se groupant nécessairement par paires avec les précédents, ont leurs spins opposés. Par conséquent, tous les éléments de la série ont un moment résultant, excepté le premier et le dernier, et ce moment est maximum pour l'élément du milieu. Ce phénomène est expliqué par les données de la spectroscopie, qui montrent que les sous-couches se divisent en deux niveaux d'énergie légèrement différente, chaque niveau correspondant à un spin donné. C'est le niveau d'énergie la plus faible, donc le plus stable, que se remplit le premier.

Enfin, de l'ensemble des règles précédentes, on déduit la règle suivante, illustrée par le tableau I : *deux atomes ou ions possédant le même nombre d'électrons célibataires* n *ont des propriétés magnétiques identiques.*

Moment magnétique de la molécule

Si nous envisageons maintenant le groupement des atomes ou des ions en une molécule, l'expérience montre encore que tout se passe comme si les orbites étaient bloquées. C'est encore la formule du spin (formule 7) qui représente souvent correctement les phénomènes.

Mais il est certain que suivant le mode de liaison, le magnétisme de la molécule variera considérablement. Dans une liaison *ionique,* le moment magnétique de chaque ion est conservé. Dans une liaison *covalente,* un électron célibataire de chaque atome disparaît pour former une paire de spin nul. Le nombre total d'électrons célibataires diminue ainsi de deux unités à chaque covalence et tombe finalement à zéro. La molécule est alors saturée. C'est pourquoi la presque totalité des molécules non ioniques aura un moment magnétique résultant nul. C'est le cas, par exemple, de presque toutes les molécules de la chimie organique, et de nombreuses molécules de la chimie minérale.

Réciproquement, un moment magnétique différent de zéro prouve l'existence d'électrons célibataires, et on comprend en particulier pourquoi la balance magnétique est indispensable dans la recherche des radicaux libres de la chimie organique, et pourquoi l'évaluation du moment magnétique permet de déterminer le type de liaison qui s'établit entre les atomes.

Nous voyons d'autre part qu'en dernière analyse, les molécules et les atomes peuvent se ranger dans deux groupes, suivant que leur moment magnétique est nul ou différent de zéro. On peut facilement prévoir que le comportement dans un champ magnétique est fort différent suivant les cas. Cependant, si l'on

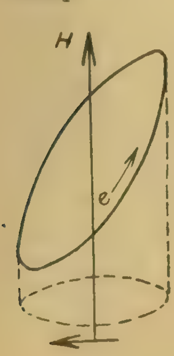
comprend aisément que les substances à moment magnétique non nul s'orientent dans le sens du champ, et sont ainsi paramagnétiques ou ferromagnétiques, on voit mal pourquoi les substances à moment magnétique nul sont diamagnétiques. Et effectivement, ce phénomène a paru si paradoxal « que certains, comme Duhem, avaient cru démontrer qu'il ne pouvait exister à moins d'attribuer au vide des propriétés magnétiques ».

INTERPRETATION THEORIQUE DE LA SUSCEPTIBILITE MAGNETIQUE

Nous allons maintenant, connaissant le moment magnétique de l'atome ou de la molécule, calculer la susceptibilité magnétique, qui est, comme je l'ai montré, la grandeur fournie par l'expérience.

La première interprétation théorique a été donnée par Langevin en 1905. En s'appuyant sur les schémas atomiques de l'époque et sur un certain nombre d'hypothèses hasardeuses, il aboutit à des formules en parfait accord avec les deux lois de Pierre Curie, même dans les cas où ses hypothèses étaient inapplicables. L'introduction, vers 1930, par Van Vleck, des méthodes de la mécanique ondulatoire dans ce domaine, permit de donner une théorie plus correcte et plus générale. Mais dans la plupart des cas, on aboutit aux formules mêmes de Langevin avec des termes correctifs très petits et souvent négligeables. C'est pourquoi je ne parlerai que de la théorie exposée par Langevin, d'un abord beaucoup plus aisé.

Pour expliquer *le diamagnétisme*, c'est-à-dire l'orientation des *substances de moment magnétique nul* dans un champ magnétique, Langevin émet l'hypothèse d'une précession des orbites électroniques sous l'influence du champ. Cette précession fait qu'au mouvement de l'électron sur son orbite se superpose un deuxième mouvement circulaire dans un plan perpendiculaire à la direction du champ.



Tout se passe (fig. 4) comme s'il se superposait aux propriétés magnétiques de l'électron exposées précédemment, un moment magnétique dû à ce courant circulaire, et qui est opposé au champ.

On aboutit finalement à la relation

$$K = -\frac{N e^2}{6 m c^2} \Sigma r^2{}_i = - 2{,}832.10^{10} \Sigma r^2{}_i \quad (8)$$

où $\Sigma r^2{}_i$ est la somme des carrés des rayons moyens des orbites et N le nombre d'Avogadro. On comprend facilement que cette propriété est valable pour toutes les substances, et se présente comme une propriété générale de la matière. Cependant, chez les corps paramagnétiques, la grandeur du diamagnétisme est faible, de l'ordre des erreurs d'expérience, et elle est par conséquent souvent négligée dans les calculs théoriques.

Dans la formule donnée, tout dépend du calcul de $\Sigma r^2{}_i$. La mécanique ondulatoire a permis de l'aborder à l'aide d'approximations qui font intervenir des « effets d'écran » exercés par les électrons des couches inférieures de l'atome sur la charge du noyau. Réciproquement, la détermination expérimentale de la susceptibilité permet de calculer le rayon moyen des électrons en mouvement. Nous verrons plus loin une application de cette remarque.

Dans la *théorie du paramagnétisme*, Langevin assimile chaque atome à un petit aimant libre de prendre n'importe quelle orientation dans un champ magnétique. Dans un gaz ou une solution diluée, les porteurs d'aimants prendraient la direction du champ magnétique, si l'agitation thermique ne s'y opposait. De ce conflit entre ces actions antagonistes, on peut déduire un moment magnétique moyen μ qui peut se représenter par un développement en série. En ne conservant que le premier terme du développement, on aboutit à la relation fondamentale

$$K = \frac{N \mu^2}{3 k T} \quad (9)$$

où N est le nombre d'Avogadro et k la constante de Boltzmann. En comparant cette expression avec la deuxième loi de Curie, on a le moyen d'évaluer le moment magnétique μ de la substance considérée

$$\mu = \sqrt{\frac{3 k C M}{N}} = 2{,}84 \sqrt{C} \quad (10)$$

si on a évalué C expérimentalement. On peut ainsi atteindre le moment magnétique par deux procédés complémentaires : l'un, expérimental, en utilisant cette formule (10), l'autre, théorique, en utilisant les formules de Van Vleck.

Pour conclure la première partie de cet exposé, on peut dire que l'étude des propriétés magnétiques de la matière est une nouvelle confirmation de nos conceptions sur la structure de l'atome. De plus, en mettant en évidence les interactions entre atomes ou molécules voisins sous une forme relativement simple, elle aborde un domaine très vaste et encore mal connu, qui est actuellement l'objet de travaux importants.

APPLICATIONS

Les applications du magnétisme à l'étude des structures électroniques des molécules sont peu nombreuses, mais elles revêtent une importance théorique considérable. C'est dans le chapitre du paramagnétisme que les acquisitions sont les plus anciennes et, par suite, les plus importantes, en particulier dans la détermination des liaisons des complexes minéraux. La systématique de Pascal et l'anisotropie diamagnétique, contrairement à ce que l'on pourrait penser, ont eu un rôle beaucoup plus modeste, mais qui paraît devoir se développer considérablement dans les années à venir. C'est qu'en effet, le diamagnétisme, en dépendant du rayon des trajectoires électroniques, devra mettre en évidence les électrons particulièrement mobiles de la molécule, les électrons π.

I. — La systématique de Pascal

Le Professeur Pascal a montré expérimentalement que l'on peut attribuer à chaque élément en combinaison une susceptibilité caractéristique de cet élément, et indépendante de la combinaison formée, tant que n'interviennent pas des « accidents structuraux trop marqués ». A chaque particularité : insaturation éthylénique ou acétylénique, chaîne fermée... correspond un terme correctif de l'additivité, qui paraît indépendant des autres fonctions chimiques.

Calculons, par exemple, la susceptibilité moléculaire du benzène :

6 K_C	— 36,00
6 K_H	— 17,58
λ BENZÈNE	— 1,40
	— 54,98

Supposons maintenant que le benzène possède trois doubles liaisons éthyléniques, c'est-à-dire qu'il est représenté par le schéma de Kékulé. Si l'on introduit les incréments $\lambda_L = + 5{,}45$ caractéristiques de ces liaisons éthyléniques, on doit utiliser à la place de λ_B un autre incrément Λ_B pour obtenir le total précédent.

6 K_C	— 36,00
6 K_H	— 17,58
3 λ_L	+ 16,35
Λ_B	— 17,75
	— 54,98

Cet incrément Λ a été introduit par Pacault en 1946, et possède une signification profonde. Si on refait pour tous les cycles des calculs semblables, on peut mettre en évidence la loi suivante :

La présence dans un cycle de liaisons éthyléniques vraies donne à l'incrément Λ *des valeurs nulles ou faiblement positives, tandis que les noyaux aromatiques sont caractérisés par des valeurs fortement négatives de* Λ. On peut montrer que les valeurs positives de Λ sont liées directement à la tension valentielle du cycle, telle que l'a définie Baeyer. Si, par exemple, on suit dans la série : cyclohexane, cyclohexène, cyclohexadiène, cyclohexatriène (tableau II), les valeurs correspondantes de Λ, on note une brusque discontinuité au moment où apparaît la troisième double liaison, c'est-à-dire au moment où, pour le chimiste, apparaissent les propriétés aromatiques.

L'incrément Λ nous montre de façon évidente que le schéma de Kékulé n'est pas conforme à la réalité, et nous retrouvons les conclusions exposées ici même par M. Guy[1], obtenues également par des relations d'additivité, mais à partir d'un système d'énergie de liaison. Cet incrément Λ est dû aux électrons π. Si l'on sature un cycle aromatique, la molécule perd chimiquement et magnétiquement son caractère aromatique, les électrons π participant aux liaisons.

1. Voir *Revue Générale des Sciences*, tome LVI, n°s 5-6, juin 1949.

TABLEAU II

ATOMES	$K.10^6$	ACCIDENTS DE STRUCTURE	INCRÉMENT $\lambda\ 10^6$	INCRÉMENT $\Lambda\ 10^6$
C	— 6,00	Double liaison éthylénique	+ 5,45	
H	— 2,93	Cycle pentaméthylénique	0	0
N	— 5,55	— hexaméthylénique	+ 3,00	+ 3,00
S	— 15,00	— héxénique	+ 7,20	+ 1,75
		— hexadiénique	+ 10,70	— 0,20
		— benzénique	— 1,40	— 17,75

II. — L'anisotropie magnétique

Les électrons π de la molécule aromatique peuvent être mis plus nettement en évidence par l'anisotropie magnétique, à la suite des travaux de Krishnan et Miss Lonsdale.

Toutes les substances aromatiques montrent des propriétés magnétiques différentes suivant les différentes directions de l'espace. L'expérience met en évidence trois axes privilégiés perpendiculaires les uns aux autres, suivant lesquels la direction d'aimantation coïncide avec la direction du champ. Deux de ces axes sont situés dans le plan de la molécule, le troisième lui est perpendiculaire. Les susceptibilités mesurées le long de ces axes, appelées susceptibilités principales, sont en général différentes :

	$K_1 10^6$	$K_2 10^6$	$K_3 10^6$
Benzène ...	— 37,4	— 37,3	— 91,2
Naphtalène	— 39,4	— 43,0	— 187,2
Anthracène	— 45,9	— 52,7	— 272,5

Le plus souvent, les deux susceptibilités mesurées dans le plan de la molécule, K_1 et K_2, sont très voisines, et celle mesurée perpendiculairement au plan de la molécule, K_3, est considérablement plus grande. La différence entre K_3 et la moyenne $\frac{K_1 + K_2}{2}$ donne dans tous les cas où il n'y a qu'un noyau benzénique un nombre voisin de 60. Si la molécule possède n noyaux benzéniques, la différence $\triangle K$ est n fois plus grande et, par suite, le rapport $\frac{\triangle K}{n}$ est constant et voisin de 60.

TABLEAU III

	n	Δ K	Δ K/n
Benzène	1	54	54
Hexaméthylbenzène ...	1	61,5	61,5
Hexaéthylbenzène	1	66	66
Naphtalène	2	114	57
Anthracène	3	182,6	60,9
Phénanthrène	3	166	55,3
Pyrène	4	232,9	58,2
Dibenzo 1.2.5.6 anthracène	5	248	49,6
	4	248	62
Benzo 3.4 pyrène ...	5	250	50
	4	250	62,5

De cette remarque on tire les deux conséquences suivantes :

1. Si le diamagnétisme $\triangle K$ est attribué aux six électrons π du noyau benzénique, on peut, en utilisant la formule de Langevin, calculer le rayon de leur trajectoire, comme nous l'avons déjà montré. On trouve que celle-ci coïncide avec les dimensions du cycle benzénique, ce qui est en accord avec les propriétés des électrons π.

2. Pour certains corps, comme le dibenzo 1.2.5.6 anthracène ou le benzo 3.4 pyrène, il faut pour garder au rapport $\frac{\triangle K}{n}$ la valeur constante 60, diminuer d'une unité le nombre des cycles aromatiques normalement prévus (tableau III).

Nous avons ainsi un procédé permettant le recensement des noyaux benzéniques vrais d'une molécule [1].

Les mêmes conclusions ont été obtenues à partir de la systématique de Pascal.

Si l'on calcule la susceptibilité magnétique du corps considéré à l'aide des règles d'additivité, en utilisant les schémas aromatiques habituels, on trouve une valeur de K inférieure de 5 à 6 % à celle donnée par l'expérience. Par exemple, pour le dibenzo 1.2.5.6 anthracène :

$$K \text{ calculé} = -194{,}48 . 10^{-6}$$
$$K \text{ mesuré} = -184{,}1 . 10^{-6}$$

Il y a *dépréciation du diamagnétisme,* et tout se passe comme si les liaisons benzéniques étaient remplacées par deux liaisons éthyléniques dans un noyau benzénique. En tenant compte de cette hypothèse, les règles d'additivité donnent la nouvelle valeur

$$K = -183{,}58 . 10^{-6}$$

en parfait accord avec l'expérience.

Ainsi *la magnétochimie met en évidence des structures électroniques privilégiées que rien d'autre ne laisserait supposer.* La raison de ce nouvel arrangement électronique est inconnue : tout se passe comme si, dans un cycle, les électrons π ne tournaient plus sur leur orbite habituelle et se localisaient. Mais il faut remarquer que la magnétochimie est impuissante à placer l'anomalie observée en une zone déterminée de la molécule, puisqu'elle n'étudie que le phénomène résultant à l'échelle moléculaire.

Signalons que plusieurs corps qui présentent cette anomalie ont des propriétés cancéri-

1. Les chimistes s'étonneront peut-être que la magnétochimie n'attribue aucune particularité au noyau médian de l'anthracène. En réalité, on ne peut pas actuellement conclure sur ce cas particulier. Les mesures des différents expérimentateurs sont divergentes et permettent, suivant les cas, d'envisager des hypothèses opposées. Les valeurs données ici sont celles de Miss Lensdale.

gènes. Mme Pullman a d'autre part montré par des études théoriques que les corps cancérigènes sont caractérisés par des densités électroniques élevées en certains points bien déterminés de leur molécule. On peut imaginer que ces conclusions voisines se rapportent au même phénomène.

Enfin, très récemment, Guy et Pacault ont montré qu'une dépréciation diamagnétique se présentait également chez les différents isomères de l'acide cinnamique, sans qu'on puisse en donner la raison. On ne peut pas l'attribuer à la conjugaison entre le noyau benzénique et la double liaison éthylénique, car l'étude systématique de composés analogues n'a jamais mis en évidence une telle anomalie.

III. — Les ions complexes

L'étude de la structure électronique des molécules diamagnétiques n'a intéressé que quelques chercheurs isolés. Il n'en a pas été de même pour les propriétés magnétiques des ions complexes, et le nombre de mémoires consacrés à leur étude et à leurs relations avec la structure est considérable.

Déjà, en 1925, Welo et Baudisch montraient que *lorsque l'atome central d'un complexe avait un nombre d'électrons périphériques égal à celui d'un gaz rare, l'ion complexe était diamagnétique.* Considérons, par exemple, le cas de l'ion ferrocyanure

$[Fe(CN)_6]^{4-}$

La couche électronique normale du fer possède 26 électrons. A ceux-ci s'ajoutent :

6 électrons par 6 liaisons de covalence avec les 6 CN;

4 électrons dus à la quadrivalence négative de l'ion complexe;

Soit en tout 36 électrons. Tout se passe comme si le fer avait un nombre atomique effectif de 36, qui est précisément le nombre atomique du krypton. On constate expérimentalement que l'ion ferrocyanure est diamagnétique.

Mais la réciproque n'est pas forcément vraie : les nickelocyanures $[Ni(CN)_4]^{--}$ sont diamagnétiques avec pour nombre atomique effectif du nickel 84, au lieu de 86 pour le radon. La règle n'explique donc pas tous les cas de diamagnétisme observés, et surtout elle est muette sur le chapitre du paramagnétisme.

L'application des méthodes magnétiques à l'étude des complexes a été complètement renouvelée par Pauling, et presque toute la littérature moderne utilise sa nomenclature.

On peut d'abord déterminer à partir des données magnétiques si l'ion complexe a une structure ionique ou une structure covalente. C'est l'extension de la remarque faite dans la première partie à propos des molécules. Dans une structure ionique, la répartition électronique de chaque ion est conservée, et le magnétisme des ions constituants se retrouve dans le composé formé. Dans le cas des ions complexes de structure ionique, on retrouve intégralement le magnétisme de l'ion central (les ions environnants sont toujours diamagnétiques). Par exemple, le moment magnétique de l'ion $[FeF_6]^{---}$ est de 5,88 μB, correspondant à 5 électrons célibataires répartis sur les cinq orbites de la couche 3 *d* de l'ion Fe^{+++} (chaque orbite peut contenir deux électrons, à condition qu'ils soient de spins opposés) :

3 *d*					4 *s*	4 *p*		
•	•	•	•	•				

Le moment magnétique élevé de l'ion ferrique est conservé dans ce complexe, et l'ion $[FeF_6]^{---}$ sera, d'après la magnétochimie, de structure essentiellement ionique.

Si, par contre, il se forme des liaisons de covalence dans l'ion complexe, la structure de l'ion central est profondément modifiée et il en est de même évidemment du moment magnétique. Par exemple, le moment magnétique de l'anion ferricyanure $[Fe(CN_6)]^{---}$ est de 2,33 μB, correspondant sensiblement à un électron célibataire. Cependant le nombre d'électrons non partagés sur la couche 3 *d* de l'ion Fe^{+++} reste le même : il y a apport sur l'ion central de 6 paires d'électrons de liaison fournies chacune par un groupement CN. Tout se passe donc dans l'ion ferrique comme s'il s'effectuait un regroupement des cinq électrons non partagés de la couche 3 *d*, de façon qu'il n'y ait plus qu'un électron célibataire. Remarquons que cet appariement n'est possible que lorsque les interactions orbite-spin et spin-spin sont négligeables, ce qui est vrai pour les atomes légers et pratiquement vérifié dans le cas général. La répartition des électrons sur l'ion central peut se représenter ainsi :

3 *d*					4 *s*	4 *p*		
••	••	•	××	××	××	××	××	××

Quand les mesures magnétiques révèlent une structure covalente, comme précédemment, *on peut souvent déterminer la structure des liaisons elles-mêmes.* Par exemple, dans le cas du ferricyanure, le fait qu'il n'y ait plus qu'un électron célibataire parmi les cinq électrons non partagés de la couche 3 *d* met en

évidence que deux orbites 3 *d* sont utilisables pour les liaisons de coordinence. Or d'après la théorie de Pauling et Slater, quand deux orbites sont utilisables sur une couche *d*, il se forme une liaison du type octaédrique, utilisant les deux orbites *d* ainsi que l'orbite *s* et les trois orbites *p* du niveau supérieur, avec apport de douze électrons. On représente ce type de liaison suivant la figure 5, où chaque groupement CN se trouve à un sommet de l'octaèdre. La méthode magnétique, ainsi complétée par la théorie, a permis dans de nombreux cas de vérifier les structures imaginées par Werner. Dans d'autres cas, comme pour les nickelocyanures $[Ni(CN)_4]^-$, elle a prouvé une configuration qui ne leur était pas encore reconnue : les quatre CN sont aux quatre sommets d'un carré.

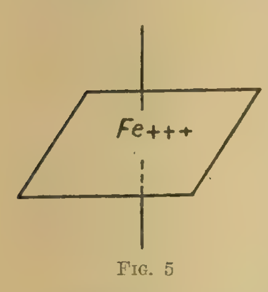


Fig. 5

Pauling et ses collaborateurs ont appliqué cette méthode à un problème particulièrement intéressant : celui de *la structure des dérivés de l'hémoglobine*. Le fer dans l'hémoglobine réduite a un moment de 4,91 μ_B, correspondant à une liaison ionique. Par contre, dans l'oxyhémoglobine et la carboxyhémoglobine, le moment est nul. Ceci montre, d'abord que ces complexes ont probablement des liaisons octaédriques covalentes, ensuite que l'oxygène n'est pas simplement adsorbé, mais retenu par une liaison qui disloque sa structure électronique. Car, en effet, la molécule d'oxygène libre présente une anomalie remarquable et presque unique : bien qu'ayant un nombre pair d'électrons, deux d'entre eux ne sont pas appariés et donnent à la molécule un moment magnétique important. Si la molécule n'était qu'adsorbée, le paramagnétisme qui en résulte ne serait pas masqué. Il faut donc admettre un type de liaison, qui reste à déterminer, entre Fe et O_2. On peut supposer qu'il en est de même pour la carboxyhémoglobine, étant donné les analogies considérables des deux corps.

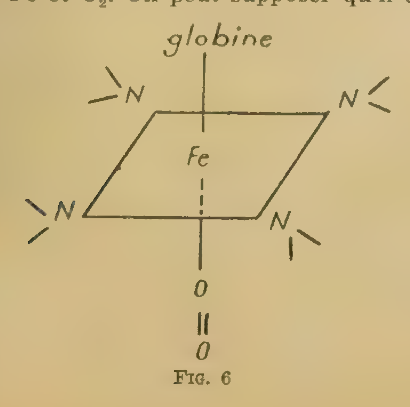


Fig. 6

Je ne sais quel accueil ont reçu ces schémas auprès des biologistes, mais, de toute façon, ils illustrent remarquablement les possibilités de la méthode magnétique.

IV. — L'hydrure de bore

Je voudrai enfin citer un problème qui a été et est encore l'objet de la curiosité des chercheurs et qui a pour nous l'intérêt d'avoir été étudié par une méthode très originale. Il s'agit de l'hydrure de bore et de la *méthode de « l'ortho-para-hydrogène »*.

L'hydrure de bore B_2H_6 présente la particularité de ne pas avoir assez d'électrons dans sa molécule pour former un nombre suffisant de doublets entre les différents atomes. Une des structures proposées faisait appel à un type de liaison très particulier, où un seul électron intervient : le singlet. On en déduisait que la molécule devait être paramagnétique, puisque dans chaque singlet le spin de l'électron de liaison n'était pas compensé.

Farkas et Sachsse utilisèrent pour cette étude leur méthode de l'o. p. hydrogène. Les molécules d'ortho- et de parahydrogène ont des structures électroniques identiques, mais elles diffèrent par les spins de leurs noyaux. Dans la molécule d'orthohydrogène, les deux noyaux ont des spins parallèles. Ils sont antiparallèles dans la molécule de parahydrogène. Un champ hétérogène, tel qu'il en existe près des ions ou des molécules paramagnétiques, catalyse la transformation d'une forme dans l'autre, quelle que soit celle de départ, et aboutit à un équilibre dont les concentrations sont fonction de la température et de la pression. La vitesse de transformation dépend du moment magnétique de la particule étudiée.

L'expérience fut réalisée en plaçant dans de petits flacons de l'hydrure de bore et du parahydrogène, et en observant la transformation à différentes températures et à différentes pressions. On sépare, après un temps de contact déterminé, l'hydrure de bore par condensation dans l'air liquide, et la composition du mélange d'ortho- et parahydrogène est déterminée par conductivité thermique.

Les auteurs n'observèrent aucune transformation; ainsi, la liaison par singlet n'existe certainement pas. Effectivement, le schéma représenté plus haut est abandonné, et les spectres Raman ont montré que l'on devait faire intervenir un type de liaison particulier, où deux atomes d'hydrogène relient chacun les deux atomes de bore.

CONCLUSION

Depuis longtemps, les chimistes ont remarqué que les schémas qui servent à définir les corps organiques sont incapables de représenter correctement l'ensemble de leurs propriétés physiques et chimiques. C'est ainsi que pour le benzène, le schéma de Kékulé comme celui de Dewar ne sont en accord qu'avec une partie des phénomènes observés. Il est donc nécessaire de trouver une représentation plus conforme, et il est logique de la chercher dans la répartition des électrons au sein des molécules. Nous avons vu que le diamagnétisme, en étant lié aux dimensions des orbites électroniques, met en évidence des localisations électroniques. Il permet donc d'envisager « en l'absence de tout réactif, une répartition électronique définie au même titre que son squelette atomique ». La magnétochimie ne permet cependant pas d'évaluer les poids théoriques que la mésomérie utilise dans ses calculs. La susceptibilité que donne l'expérience est égale à l'une des susceptibilités calculées à partir de l'une des formules limite, mais n'est pas comprise entre elles.

D'autre part, la magnétochimie, en recensant les électrons non appariés, permet de déterminer la nature des liaisons entre atomes ou ions de la chimie minérale. Pour le magnétochimiste, les ions complexes se répartissent en ions essentiellement covalents (comme, par exemple, tous les complexes du Co^{+++} étudiés, excepté les fluorures) ou essentiellement ioniques (comme, par exemple, tous les complexes du Fe^{+++} étudiés, excepté les cyanures et les carbonyls). Dans le cas des complexes du Cr^{+++}, le nombre d'électrons célibataires étant le même dans la structure ionique et la structure covalente, la magnétochimie ne peut conclure : elle permet cependant d'envisager une structure mésomère, c'est-à-dire intermédiaire entre les deux structures limites. Ces résultats sont d'un grand intérêt pour le chimiste, habitué à classer les complexes d'après la dissimulation des caractères analytiques de l'ion central. Les schémas représentatifs, s'ils veulent être complets, doivent tenir compte, ici aussi, de ces répartitions particulières d'électrons.

Ces deux types de problèmes ne sont d'ailleurs pas les seuls que la magnétochimie ait abordés. Plusieurs essais ont déjà été faits dans ce sens, de valeur assez contestée (voir par exemple les travaux de Gray et Cruikshank, qui comparent les susceptibilités expérimentales à celles obtenues à partir de différentes structures possibles, par des procédés théoriques assez hardis). Et il n'est pas interdit d'envisager dans un bref avenir une nouvelle extension de la magnétochimie aux problèmes de structure.

J. Flahaut.

BIBLIOGRAPHIE

Pascal. — Propriétés magnétiques et constitution chimique. *Traité de chimie organique de Grignard.* (1935.) Masson.

Selwood. — *Magnetochemistry.* (1943.) Interscience Publishers, New-York.

Pacault. — *Ann. de Chimie, II*, 527-587. (1946.)

Pauling. — *Nature of the chemical bond.* (1945.) Cornell University Press. (En particulier paragraphe 16.)

Farkas et Sachsse. — *Trans. Faraday Soc.*, 30-331. (1934.)

NOTE DE LA RÉDACTION

Le numéro 11-12 de notre Revue paraîtra, au plus tard, à la Noël; nous aurons ainsi rattrapé le retard que nous avions depuis juin 1947, date à laquelle nous avons repris la Revue.

Nous prions nos Lecteurs de bien vouloir nous faire parvenir, dès que possible, le montant de leur abonnement pour 1950 (France : 650 fr.; Etranger : 750 fr.), de préférence par virement à notre compte chèques postaux : Paris 5625-02; ils nous éviteront ainsi les frais de correspondance et nous les en remercions par avance.

LA VALENCE
dans quelques composés des éléments de la famille de l'azote

par *A. MORETTE*
Maitre de Conférences à la Faculté de Pharmacie de Paris

Les systèmes de notation chimique ont toujours eu pour but de symboliser, sinon la constitution intime des corps, du moins, autant que possible, les propriétés essentielles qui résultent de celle-ci. La théorie électronique de la valence a permis de déterminer la nature des liaisons qui unissent les atomes composants entre eux et de perfectionner les formules ou même de leur substituer des modèles à trois dimensions de manière à représenter exactement l'architecture réelle des molécules. Le développement des méthodes physiques expérimentales utilisant les phénomènes qui sont liés directement à la structure de la matière et, principalement, les spectres optiques, les spectres X et les spectres de diffraction électronique, a donné, en effet, la possibilité de pénétrer d'une façon effective à l'intérieur des édifices chimiques afin d'en établir la forme géométrique et d'y reconnaître les positions réelles des atomes; c'est là l'objet d'un nouveau chapitre de la physico-chimie : la chimie structurale.

Cet exposé est consacré à l'étude de quelques exemples intéressants de structures valentielles, relatifs à divers composés des éléments de la famille de l'azote. Avant d'aborder cette description, je rappellerai brièvement quels sont les procédés qui sont employés dans les études de chimie structurale, tant organique que minérale.

METHODES D'INVESTIGATION

La formule brute et la grandeur de la molécule ayant été préalablement déterminées à l'aide des méthodes classiques, on peut énumérer, de la façon suivante, les phénomènes qui sont principalement mis en œuvre dans ces recherches [1];

1° *Activité sur la lumière polarisée*, renseignant sur la possibilité de l'existence d'une dissymétrie de la répartition des atomes dans la molécule.

2° *Susceptibilité magnétique*, donnant des indications sur la distribution des électrons ; ainsi un atome, dans lequel il existe des électrons non appariés dans une couche incomplète, possède un moment magnétique permanent et se montre paramagnétique.

3° *Conductibilité électrique* renseignant sur la possibilité d'une structure ionique.

4° *Moment électrique de dipôle* lié à une dissymétrie dans la répartition des charges électriques.

5° *Spectres optiques*, c'est-à-dire *spectres d'absorption* dans l'ultra-violet, le visible et l'infra-rouge et *spectres de diffusion Raman* dans le visible ou l'ultra-violet.

Ces spectres sont dus aux variations discontinues d'énergie de la molécule, séparées ou combinées, sous l'influence de la radiation excitatrice :

— Variations de l'énergie électronique par sauts d'un électron d'un niveau à un autre ;

— Variations de l'énergie de vibration des atomes les uns par rapport aux autres dans la molécule ;

— Variations de l'énergie de rotation de la molécule autour d'axes divers.

Les spectres d'absorption dans l'ultra-violet et le visible sont dus aux électrons (spectres électroniques) ; les spectres d'absorption dans le proche infra-rouge sont des spectres de rotation-vibration ; les spectres d'absorption dans l'infra-rouge lointain sont des spectres de rotation pure.

Les spectres Raman contiennent des raies de vibration, des raies de rotation et des raies de rotation-vibration; ils complètent les indications fournies par les spectres infra-rouge.

Le dépouillement de tous ces spectres permet le calcul de différentes caractéristiques des molécules ou radicaux, en particulier des

* Conférence faite à la Faculté de Pharmacie de Paris, le 3 mai 1949.

moments d'inertie, desquels on peut déduire les valeurs des distances interatomiques et des angles valentiels.

6° *Spectres de rayons X* fournis par les gaz, les liquides et surtout par les solides. Ils sont dus à la diffraction du rayonnement X par les atomes ou plus exactement à la diffusion du rayonnement X par les électrons de l'atome. L'intensité des rayons diffractés dépend, pour une direction donnée, de la disposition des atomes dans la molécule lorsque la structure du corps est moléculaire (gaz). Dans les cristaux, par suite de la répartition réticulaire des centres diffractants, tout se passe comme dans le cas des spectres optiques de diffraction et on peut, de l'étude des spectres X, déduire la dimension et les éléments de symétrie de la maille cristalline; quant à la structure valentielle, on parvient à la connaître en faisant intervenir les intensités relatives des taches de diffraction et en tenant compte de ce que ce sont les électrons des atomes qui sont les centres diffusants, ce qui conduit à établir un diagramme de densité électronique représentant les positions respectives des atomes et permettant le calcul des distances interatomiques.

7° *Spectres de diffraction d'un faisceau d'électrons à travers* de très minces lames solides ou à travers les gaz et les vapeurs ; ils renseignent sur les positions des noyaux qui sont, ici, les centres diffractants véritables. L'obtention des clichés est alors beaucoup plus rapide que dans le cas des spectres X et dans l'étude des gaz et des vapeurs, ces derniers sont maintenant abandonnés au profit des spectres de diffraction électronique.

CARACTERES GENERAUX DE LA FAMILLE DE L'AZOTE

Les éléments de la famille de l'azote forment la colonne V du tableau périodique :

N — P — As — Sb — Bi

On leur rattache souvent le vanadium et ses homologues :

V — Nb — Ta

Rappelons rapidement que :

a) L'azote se distingue des autres éléments énumérés par quelques traits particuliers et principalement :

— par son inaptitude à former une configuration à cinq liaisons covalentes ;

— par son aptitude à former entre atomes d'azote des liaisons multiples.

b) Le groupe de l'azote et du phosphore se sépare nettement du groupe du vanadium :

— par les propriétés des éléments eux-mêmes à l'état de pureté, les premiers ayant un caractère électronégatif prononcé, les seconds étant des métaux typiques à point de fusion élevé ;

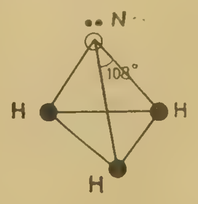
Couches	K	L		M			N				O			P			Q
Sous-couches	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	6s	6p	6d	7s
(He)	*2*																
N — 7	2	2	3														
(Ne)	—	*2*	*6*														
P — 15	2	2	6	2	3												
(A)	—	—	—	*2*	*6*												
V — 23	2	2	6	2	6	3	2										
As — 33	2	2	6	2	6	10	2	3									
(Kr)	—	—	—	—	—	—	*2*	*6*									
Nb — 41	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1						
Sb — 51	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	3					
(Xe)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	*2*	*6*					
Ta — 73	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3	2			
Bi — 83	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	3		
(Rn)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	*2*	*6*		
Pa — 91	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	3	6	2

TABLEAU I

— par la variabilité de la valence numérique dans les composés de ces derniers, principalement du vanadium.

En ce qui concerne la structure électronique, l'azote, le phosphore, l'arsenic, l'antimoine et le bismuth ont la même configuration relativement aux électrons de valence : un doublet *s* et trois électrons *p* sur la couche la plus externe. Dans le vanadium, le niobium et le tantale, l'avant-dernière sous-couche n'est pas saturée et la répartition des électrons les plus externes est nettement différente de celle que l'on rencontre dans le groupe de l'azote; ce sont des éléments de transition. (Tableau I).

Si l'on examine plus particulièrement la configuration électronique de l'azote, du phosphore, de l'arsenic, de l'antimoine et du bismuth, on comprend que, dans leurs dérivés, la tendance soit à la formation de trois liaisons covalentes comme dans l'ammoniac; en effet, le doublet *s* constitue, dans chacun de ces atomes, une orbitale relativement stable et peut demeurer non partagé dans le composé considéré, tandis que les trois électrons *p*, s'appariant avec trois électrons fournis par d'autres atomes, constituent trois liaisons interatomiques covalentes. Ainsi, pour l'ammoniac, son spectre d'absorption dans le proche infra-rouge et l'existence d'un moment électrique permanent conduisent à lui attribuer une structure tétraédrique : les trois atomes d'hydrogène sont aux sommets d'un triangle équilatéral et sont unis par trois liaisons homopolaires [2] dirigées suivant les arêtes du tétraèdre à l'atome d'azote qui occupe le quatrième sommet.



Des structures pyramidales analogues, dans lesquelles les angles valentiels sont toujours voisins de 100° ont pu être attribuées expérimentalement, en particulier à l'aide des spectres de diffraction électronique, à de nombreux composés du phosphore, de l'arsenic, de l'antimoine tricovalents, tels que :

$P(CH_3)_3$	Cl_3P	Br_3P	I_3P	FCl_2P
$As(CH_3)_3$	Cl_3As	Br_3As	I_3As	
	Cl_3Sb	Br_3Sb	I_3Sb	

qui ont tous été étudiés à l'état gazeux. La règle de l'octet de Lewis [2] se trouve, dans tous les cas, satisfaite sans difficulté; dans l'ammoniac, l'octet est constitué par le doublet non partagé de l'azote et les trois doublets résultant de la combinaison des trois électrons des atomes d'hydrogène avec les trois électrons *p* de l'azote.

En dehors de ces dérivés trivalents ou plus précisément tricovalents, il y a les dérivés ammonium, phosphonium, etc. Ici [2], on a formation d'un ion complexe positif qui résulte de la cession d'un électron *p* à l'ion négatif adjacent et par « hybridation », du passage d'un électron *s* sur la sous couche *p*, de sorte que la configuration devient, par exemple dans le cas de l'azote, pour les électrons restants :

$$2\,s \qquad 2\,p_3$$

On a alors affaire, dans cet état, à un atome tétravalent dont les quatre électrons de valence sont indiscernables les uns des autres et peuvent se combiner avec les quatre électrons

$$\left[\begin{array}{ccc} & H & \\ & \cdot\cdot & \\ H: & N & :H \\ & \cdot\cdot & \\ & H & \end{array}\right]^+$$

de quatre atomes d'hydrogène; l'ion tétraédrique ainsi constitué est globalement monovalent et l'azote qu'il renferme y est tétracoordiné; on peut remarquer que la règle de l'octet est encore satisfaite.

Ainsi, dans ces dérivés, il n'est pas question d'une valence numérique de l'azote ou du phosphore supérieure à quatre. D'ailleurs, en ce qui concerne le premier de ces éléments, la formation, d'une façon générale, d'un nombre de liaisons covalentes plus grand que quatre semble impossible, car la couche L à laquelle appartiennent, comme dans le cas des autres éléments de la première période, les électrons de valence de l'azote, ne peut comporter plus de quatre orbitales. Il en résulte que, dans les composés oxygénés de l'azote, l'azote n'a, qu'en apparence, une valence numérique égale à cinq; dans l'ion plan $(NO_3)^-$, par exemple, l'azote est, en fait, tétracoordiné (les trois atomes d'oxygène occupent les sommets d'un triangle équilatéral et il y a résonance entre les trois dispositions possibles) :

O = N (+), O (−), O (−) — 1,21 Å — 120°

De même dans l'acide nitrique et les esters nitriques, on a les deux schémas :

H — O —1,41 Å— N (1,22 Å O ; 1,22 Å O ; 130° ; 115°) ⇌ H — O —1,41 Å— N (1,22 Å O ; 1,22 Å O ; 130° ; 115°)

Il n'en est pas ainsi pour le phosphore, l'arsenic, l'antimoine et le bismuth; dans ces atomes, les couches externes M, N, etc., n'étant saturées qu'avec 18 ou 32 électrons, l'un des électrons de valence *s* est susceptible par hybridation d'acquérir un niveau d'énergie *d* et la configuration qui en résulte entraîne une tendance à la formation de cinq liaisons covalentes, c'est-à-dire que l'atome central s'entoure non plus d'un octet mais d'une couche de 10 électrons. Ce fait se rencontre d'ailleurs dans bien d'autres cas, en particulier dans l'hexaflorure de soufre, par exemple.

Quant aux configurations électroniques du vanadium, du niobium et du tantale, elles sont essentiellement caractérisées par la non-saturation de la couche sous-jacente comme dans tous les éléments de transition; elles permettent, dans certains composés tels que que les vanadates, des arrangements électroniques analogues à ceux rencontrés dans le groupe du phosphore, mais sont surtout responsables de la variabilité de la valence numérique, de l'existence d'ions colorés, de la formation de complexes, etc.

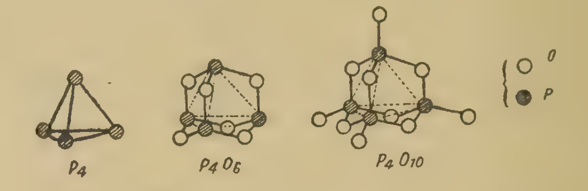
STRUCTURE DES OXYDES DANS LA FAMILLE DE L'AZOTE

Parmi les problèmes valentiels intéressants dans la famille de l'azote, peut être examiné celui de la structure des oxydes [1].

Les Traités classiques de chimie minérale indiquent pour les anhydrides phosphoreux et phosphorique, l'anhydride arsénieux, etc., des formules développées reposant exclusivement sur la notion de trivalence ou de pentavalence des éléments correspondants et sur l'emploi des traits traditionnels pour schématiser les liaisons. L'utilisation des moyens d'investigation énumérés au début de cet exposé a permis d'établir la structure exacte de plusieurs de ces édifices chimiques.

Tout d'abord, les données expérimentales la physicochimie montrent que l'on a affaire à des grandeurs moléculaires répondant aux formules dimères : P_4O_6, As_4O_6, Sb_4O_6, P_4O_{10}. Les structures ont pu être déterminées pour P_4O_6 vapeur, P_4O_{10} vapeur et solide, As_4O_6 vapeur et solide, Sb_4O_6 solide; à l'état de vapeur, ces corps ont été étudiés par la méthode des spectres de diffraction électronique.

Par exemple, dans le cas du phosphore, l'élément lui-même, jusqu'à 1000°, forme des molécules tétraatomiques P_4 auxquelles cette dernière méthode assigne une structure tétraédrique régulière ; or la molécule d'anhydride phosphoreux a une structure qui dérive de cette dernière, avec un atome d'oxygène lié à deux atomes de phosphore et placé à l'extérieur de chaque arête dans le plan bissecteur du dièdre correspondant; la molécule d'anhydride phosphorique est identique avec un atome d'oxygène supplémentaire lié par covalence de coordination, grâce au doublet non partagé du phosphore, à chaque atome de celui-ci [3].

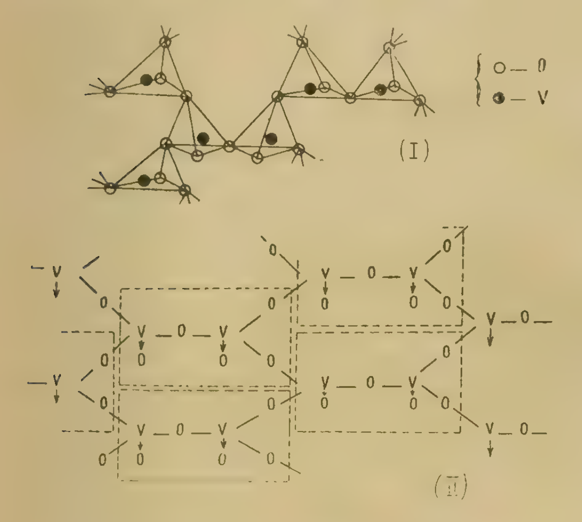


Dans l'oxyde P_4O_6, chaque atome de phosphore est, par conséquent, lié à trois atomes d'oxygène et est alors tricovalent. Dans l'oxyde P_4O_{10}, chaque atome de phosphore est tétracovalent; on retrouve la molécule individualisée P_4O_{10} dans la variété cristalline stable à basse température (rhomboédrique).

Les oxydes As_4O_6, vapeur et solide, Sb_4O_6 solide, possèdent la même structure que l'anhydride P_4O_6; dans l'oxyde O_3Bi_2, on a une structure voisine, mais les molécules n'y sont pas individualisées.

Considérons maintenant l'anhydride phosphorique; on voit que chaque atome de phosphore est au centre d'un tétraèdre dont les quatre sommets sont occupés par quatre atomes d'oxygène. C'est précisément cette disposition structurale que l'on rencontre dans l'ion $(PO_4)^{---}$ ainsi que dans les métaphosphates, comme le montrent respectivement le spectre X du phosphore monopotassique PO_4KH_2 [4] et celui du métaphosphate d'aluminium [5]; l'ion $(NO_3)^-$ plan se distingue donc complètement de l'ion $(PO_4)^{---}$ tétraédrique. Notons que cette dernière structure joue probablement un rôle très important dans la chimie des phosphates qui possède d'ailleurs beaucoup de traits communs avec celle des silicates; en outre, d'après le biologiste américain Lipmann [6], la structure des chaînons — PO_3H — est en corrélation directe avec les propriétés physiologiques des dérivés organo-biologiques de l'acide phosphorique tels que l'acide adénosine-triphosphorique.

Il est intéressant de rapprocher de ces structures celle de l'anhydride vanadique V_2O_5 [7]. Ici, de même que pour le phosphore dans l'anhydride P_4O_{10}, chaque atome de vanadium est lié à quatre atomes d'oxygène qui sont aux sommets de tétraèdres irréguliers à l'intérieur desquels se trouvent les atomes de vanadium; en outre trois sommets d'un tétraèdre sont communs avec trois tétraèdres voisins (I), ce qui correspond, pour chaque atome de vanadium à un atome d'oxygène restant solitaire et pouvant être considéré comme lié par covalence de coordination, de même que dans l'anhydride phosphorique. Ainsi, au lieu d'avoir des molécules individualisées, on a ici un réseau à trois dimensions dans lequel se distinguent de longues chaînes -V-O-V-O- (II) dont l'existence explique la forme linéaire des micelles d'anhydride vanadique colloïdal :



PENTAHALOGENURES DE PHOSPHORE

Les pentahalogénures de phosphore, dès l'apparition de la théorie de Lewis, ont été l'objet de recherches expérimentales en vue de savoir s'il s'agissait là de composés dans lesquels on pouvait mettre en évidence plus de quatre liaisons covalentes [1]. La question est la même que celle qui se pose pour l'hexafluorure de soufre F_6S extraordinairement stable et qui peut être mis au contact de l'eau ou des alcalis sans décomposition. L'expérience conduit ici, comme dans bien des cas, à abandonner la théorie de l'octet et, tout en admettant une structure covalente, à penser que, dans de nombreux composés, un atome peut s'entourer d'une couche stable de 10 ou même souvent 12 et 16 électrons.

C'est bien là ce qui se produit dans les pentahalogénures de phosphore comme le montre l'étude de leur structure à l'aide, principalement, des spectres de diffraction électronique.

En particulier, on a mis en évidence facilement la structure hexaédrique (bipyramide triangulaire symétrique) du pentafluorure de phosphore qui est gazeux à la température ordinaire [8]; la même structure covalente décaélectronique (qui est d'ailleurs aussi celle de la molécule Cl_5As) se retrouve pour le fluochlorure F_3Cl_2P, les trois atomes de fluor étant aux sommets du triangle équilatéral et les deux atomes de chlore aux extrémités de l'axe ternaire.

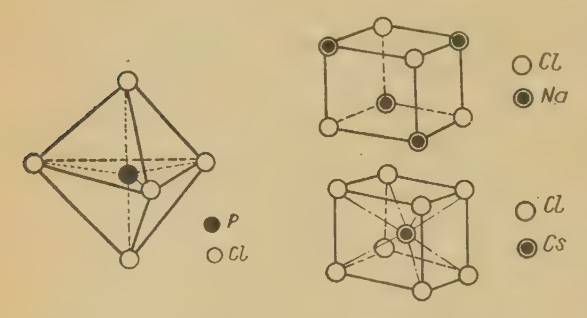
Le problème du pentachlorure de phosphore s'est révélé moins facile à résoudre que celui du pentafluorure. A l'origine, essayant de respecter la règle de l'octet, on avait songé soit à une structure ionique $Cl^{(-)}(Cl_4P)^{(+)}$, soit à une constitution à huit électrons faisant intervenir la notion de semi-valence, mais ces conceptions se heurtaient, d'une part, au diamagnétisme de ce corps, alors que la présence de semi-valences impliquait le paramagnétisme de la molécule et, d'autre part, du moins le croyait-on à cette époque, à l'absence de moment électrique, comme l'exige une structure ionique.

Dès lors que Trunel [9] eut montré, au contraire, qu'en solution dans le sulfure de carbone ou le tétrachlorure de carbone, le pentafluorure de phosphore possède un moment de dipole, il devenait possible d'envisager l'existence d'ions, hypothèse encore renforcée par la conductibilité électrique appréciable de la solution dans le nitrobenzène.

Or, en 1936, Henri Moureu, Magat et Wetroff [10] constatèrent qu'au moment de la fusion, le pentachlorure de phosphore subit une transformation intramoléculaire; ce fait conduisait à penser que les constitutions sont différentes selon l'état physique considéré. Moureu et ses collaborateurs étudièrent les spectres Raman dans les trois états, et, pour la vapeur, proposèrent une structure hexaédrique (I) semblable à celle du pentafluorure, fait qui fut confirmé par Rouault [11], à l'aide du spectre de diffraction électronique, tandis que pour le solide, ils concluaient à la structure ionique.

Par la suite cette dernière s'avéra assez compliquée. En effet, les Anglais Clark, Powell et Wells [12], par l'analyse en série de Fourier du spectre X du pentachlorure solide, ont construit le diagramme électronique et ont constaté que le cristal est formé d'un réseau, d'ailleurs plus ou moins distordu, analogue à celui du chlorure de césium (II) dans lequel les ions Cs^+ sont remplacés par des ions $[PCl_4]^+$ tétraédriques et les ions Cl^- par des ions

octaédriques $[PCl_6]^-$; le spectre X exclut la possibilité de molécules covalentes hexaédriques.



En ce qui concerne le pentachlorure liquide, il aurait une structure homopolaire mais non hexaédrique, l'Hindou Saksena ayant constaté par l'étude serrée du spectre Raman [13] que la molécule a vraisemblablement, à cet état, la forme d'une pyramide à base carrée, l'atome de phosphore occupant le centre de cette base; on aurait là une constitution semblable à celle déjà attribuée au pentachlorure d'antimoine, mais, bien que théoriquement prévisible, elle n'a pas été confirmée [14].

Il est curieux, maintenant de terminer la description de ces structures des halogénures de phosphore par celle du pentabromure. Ce composé, qui forme des cristaux orthorhombiques, possède la constitution ionique que l'on a cru devoir attribuer à plusieurs reprises au pentachlorure; Van Driel et Mac Gillary, aux Pays-Bas, ont en effet constaté, par la méthode des spectres X, que ce corps, à l'état solide, possède, comme l'avaient prévu Powell et Clark peu auparavant, la structure ionique simple :

$$Br^- \ [PBr_4]^+$$

dans laquelle le groupement PBr_4 est un tétraèdre à peu près régulier [15].

CHLORURES DE PHOSPHONITRILE

Des constitutions moléculaires des plus intéressantes se rencontrent encore dans la famille de l'azote à propos des chlorures de phosphonitrile, substances correspondant à divers degrés de polymérisation du groupement chlorophosphoazoté (Cl_2PN) [1]. Les chlorures $(Cl_2PN)_3$ et $(Cl_2PN)_4$ se présentent sous la forme de cristaux incolores et brillants, solubles dans le benzène; les produits condensés $(Cl_2PN)_n$ ne sont plus solubles dans ce solvant lequel n'agit à leur égard que comme agent de gonflement et ils ont l'aspect d'une sorte de caoutchouc.

Au moyen des rayons X et de la diffraction électronique on a pu obtenir des renseignements sur la structure de ces corps qui ne fait intervenir qu'un mécanisme de liaison homopolaire comme dans les composés organiques.

Le tétramère a la forme d'un cycle à 8 chaînons où les atomes de phosphore et d'azote sont alternés avec les atomes de chlore fixés à ceux de phosphore (I).

Les distances P—N sont de 1,67 A, ce qui est intermédiaire entre celle correspondant à la liaison simple P—N et celle correspondant à la liaison double P=N qui sont respectivement 1,76 Å et 1,57 Å; on en déduit qu'il y a résonance entre la liaison simple et la liaison double, exactement comme dans la molécule de benzène. Par apport d'énergie, le cycle s'ouvre et la polymérisation se poursuit.

(I) (II)

Bien que la constitution des produits condensés soit incomplètement connue, on constate, lorsqu'on les étire, que ces substances s'allongent réversiblement en donnant aux rayons X, des clichés de diffraction de substances fibreuses; ceci joint aux propriétés élastiques conduit à penser qu'il s'agit de macromolécules linéaires ayant une structure en ligne brisée dans laquelle les atomes de phosphore sont aux sommets et portent les atomes de chlore, tandis que les atomes d'azote sont en file à peu près linéaire (II) [16].

CONCLUSIONS

Il apparaît que les schémas représentatifs des édifices moléculaires ne peuvent être établis avec certitude qu'à l'aide des méthodes expérimentales qui ont été énumérées succinctement. Les exemples traités montrent comment chaque problème peut être abordé et résolu; il s'agit là d'ailleurs, le plus souvent, d'une tâche difficile nécessitant de patients efforts et des calculs laborieux.

Les mécanismes valentiels se révèlent ainsi sous leur véritable aspect; ils sont généralement beaucoup plus compliqués que ne permettaient de le prévoir les anciennes formu-

les planes utilisant de simples traits comme symboles des liaisons interatomiques.

En vingt-cinq ans, comme le fait remarquer Pauling [17], la théorie de la valence a été établie sur la base solide de la mécanique quantique, puis de la mécanique ondulatoire. Les développements futurs de la chimie structurale apporteront la résolution expérimentale de nombreux problèmes de structure intéressant toutes les sciences et, en particulier, la biologie et la médecine.

A. Morette.

BIBLIOGRAPHIE

1. A. F. Wells : *Structural Inorganic Chemistry;* Clarendon Press, Oxford, 1946. — G. Champetier : *Les éléments de la Chimie;* Alain Michel, Paris, 1943. — P. et R. Daudel : *Atomes, molécules et lumière;* La Jeune Parque, Paris, 1946. — D. M. Yost et H. Russel : *Systematic Inorganic Chemistry of the 5 th. and 6 th. group nonmetallic elements;* Prentice Hall, New-York, 1944.

2. A. Morette : *Notes pour servir d'introduction à l'étude de la valence;* Tournier et Constans, Paris, 1945.

3. Maxwell, Hendricks et Mosley : *J. Chem. Phys.*, t. 3, p. 699, 1935. — Maxwell, Hendricks et Deming : *J. Chem. Phys.*, t. 5, p. 626, 1937. — Hampson et Stosick : *J. Am. Chem. Soc.*, t. 60, p. 1814, 1938.

4. J. West : *Z. Kristallogr.*, t. 74, p. 306, 1930.

5. L. Pauling et J. Sherman : *Z. Kristallogr.*, t. 96, p. 481, 1937.

6. F. Lipmann : *Advances in Enzymology*, t. 1, p. 99, 1941.

7. J. A. A. Ketelaar : *Z. Kristallogr.*, t. 95, p. 9, 1936; *Struktur Bericht*, t. 4, pp. 22 et 134, 1936.

8. Brockway et Beach : *J. Am. Chem. Soc.*, t. 60, p. 1836, 1938.

9. Trunel : *C. R.*, t. 202, p. 37, 1936.

10. H. Moureu, M. Magat et G. Wetroff : *C. R.*, t. 203, p. 257, 1936; *C. R.*, t. 205, pp. 276 et 545, 1937.

11. M. Rouault : *C. R.*, t. 207, p. 620, 1938.

12. Clark, Powell et Wells : *J. Chem. Soc.*, p. 642, 1942. — Powell et Clark : *Nature*, t. 145, pp. 149 et 971, 1940.

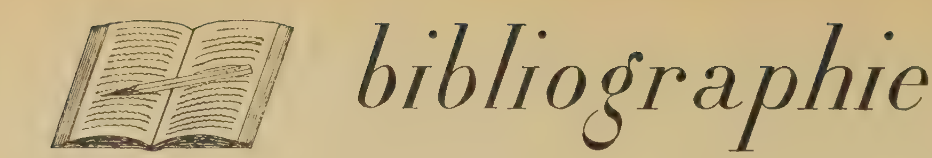
13. B. D. Saksena : *Proc. Nat. Ac. Sc. India*, A, t. 13, p. 251, 1943. — Redlich, Kurz et Rosenfeld : *Z. Physikal Chemie*, B, t. 19, p. 231, 1932.

14. H. Moureu, P. Sue et M. Magat : *Volume commémoratif Victor Henri*, p. 125; Desoer, Liége, 1948. — R. Daudel et A. Bucher : *J. Chim. Phys.*, t. 42, p. 6, 1945.

15. Van Driel et Mac Gillary : *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, t. 62, p. 167, 1943.

16. J. A. A. Ketelaar et T. A. De Vries : *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, t. 58, p. 1081, 1939. — Meyer, Lotmar et Pankow : *Helv. Chim. Acta*, t. 19, p. 930, 1936. — A. Marie de Ficquelmont : *Thèse Doct. ès Sc. Phys.*, Paris, 1939.

17. L. Pauling : *Chemical and Eng. News*, t. 25, p. 2970, 1947.



BARROUX (M.). — Cours de Radioélectricité, préface de de M. Leprince-Ringuet. Collection de la Radiodiffusion française. Deux volumes, Eyrolles éditeur, Paris, 1949.

Ainsi que le fait remarquer M. Leprince-Ringuet dans la préface de cet ouvrage, la science de la radioélectricité est une de celles dont le développement a été le plus considérable dans cette dernière décade; la physique corpusculaire, dans ses réalisations les plus modernes, cyclotrons, bétatrons et synchrotrons, ne fait-elle pas appel aux techniques les plus poussées de cette science ? Aussi est-il nécessaire de familiariser le plus grand nombre possible d'étudiants à ces techniques si importantes et le cours de M. Barroux, à la fois simple et approfondi, permettra certainement d'obtenir ce résultat.

On y trouve exposé les lois fondamentales de la radioélectricité, la description et l'explication des phénomènes particuliers à cette branche de la physique mais en laissant systématiquement de côté les détails techniques relatifs aux divers appareils qu'utilise le radioélectricien ainsi que l'étude des mesures correspondantes dont l'exposé est réservé à d'autres cours.

Cet ouvrage dont chaque chapitre est complété par des exercices bien choisis rendra certainement de grands services.

M. PARODI.

BLOCH (André) et GUILLAUMIN (Gustave). — La géométrie intégrale du contour gauche. Un vol. in-8 (25×16), de 140 p. avec des index. Gauthier-Villars, Paris, 1949. Prix : 1.500 francs.

Les modifications d'un contour gauche C conservant les aires de ses projections cylindriques sur chaque plan ou encore le volume d'un triangle de base fixée dont l'autre sommet décrit C, voilà qui conduit à dégager des classes d'équivalence, quant aux valeurs des intégrales de y dz, z dx, x dy. Le même processus peut être étendu en prenant d'autres intégrales et variant les conditions géométriques. Par cette voie, on accède naturellement à l'ensemble des questions, souvent inédites, traitées par André Bloch et Gustave Guillaumin en prolongement de travaux de Koenigs et de la remarquable étude d'Adolphe Buhl sur la géométrie des intégrales doubles. L'exposé de leur nouveau livre, toujours très attachant, est aussi très éclectique. Les raisonnements sont tantôt géométriques, tantôt analytiques, tantôt mixtes. On remarque au chapitre VII des applications du calcul sensoriel à la géométrie intégrale. On note aussi les connexions de l'ouvrage, dans son ensemble, avec la Physique mathématique, ce qui est naturel, puisque le contour s'y présente alternativement comme trajectoire, ligne de courant ou d'émission, et aussi bien, comme ligne de force ou comme circuit.

Cet ouvrage, préfacé par M. Elie Carton, est bien à sa place dans les collections de la Maison Gauthier-Villars.

G. BOULIGAND.

BOLL (Marcel). — La Mécanique du Visible et de l'Invisible. — Un vol. 14 × 20 de 400 p., avec 200 gravures. Larousse, Paris, 1949.

Exposé très suggestif, insistant surtout, comme il convient à des lecteurs de provenances un peu diverses, sur le côté expérimental de la Mécanique, mais cependant sans sacrifier les principes et en laissant deviner les premiers embryons théoriques. Comme l'indique le titre, il y a lieu de comparer aux lois concernant l'équilibre, la déformation et le déplacement des objets usuels, celles qui gouvernent les mouvements des molécules et des atomes. L'attention se porte ainsi vers cet autre aspect de la réalité mécanique : les phénomènes thermiques, dont les applications ne le cèdent en rien à celles découlant de la cinématique et de la dynamique des objets à notre échelle. Ce nouveau découpage englobe aussi l'Acoustique et peut faire utilement réfléchir des lecteurs déjà très exercés.

G. BOULIGAND.

BOUTARIC (A.). — Matière, Electricité, Energie. — Un vol. de 128 pages, Collection « Que sais-je? », Presses Universitaires, Paris, 1948. Prix 90 francs.

M. Boutaric, dont les qualités didactiques étaient universellement reconnues, a tenté dans cet opuscule de résumer les recherches qui, au cours de ces dernières années, ont permis de mettre en évidence l'existence de liens étroits entre la matière, l'électricité et l'énergie. Ce dernier ouvrage du Maître disparu atteint parfaitement le but que s'était fixé son auteur, et cela sans démonstration hors de la portée du lecteur moyen.

M. PARODI.

CAYEUX (André de). — Terre arctique (avec l'expédition française au Groenland). — 1 vol. in-8, 230 pages, 45 héliogravures. Grenoble, 1949. Arthaud, éditeur.

Quatre fois plus grand que la France, mais couvert de glace, le Groenland a toujours attiré les explorateurs. Après les Esquimaux venus d'Amérique en des temps préhistoriques, les Vikings y abordèrent en l'an 982, conduits par Erik le Rouge. Au XVIIe siècle, les baleiniers anglais et hollandais fréquentent la côte. Au XIXe siècle, le gouvernement danois assure la protection de la population groenlandaise.

L'exploration purement scientifique commence avec les voyages de Peary, en 1886, et de Nansen, en 1888.

Compagnon de Paul-Emile Victor, en 1948, André de Cayeux, géographe et géologue, a rapporté du Groenland une moisson de documents scientifiques et un bon livre : « Terre arctique ». Bon livre, parce que nous y trouvons tout ce que nous pouvons désirer savoir sur la grande île.

Un chapitre important est consacré aux données scientifiques essentielles : situation géographique, climat, glaciologie, océanographie, géologie, flore et faune, recherches en cours.

Puis l'auteur nous emmène avec lui et nous fait participer à la vie et aux travaux de l'expédition, nous racontant le débarquement et les premiers contacts, l'aspect du pays et la température, les animaux que l'on voit, les phoques, les morses et les baleines, les oiseaux, les chiens, la lutte contre les moustiques, la chasse et la pêche, les us et coutumes de la population, toutes les difficultés techniques qu'il a fallu surmonter pour réaliser les buts scientifiques de l'expédition.

L'ouvrage est illustré de 45 héliogravures.

R. FURON.

MM. P. COLOMBANI, G. LEHMANN, J. LŒB, A. POMMELET et F.-H. RAYMOND. — Analyse, synthèse et position actuelle de la question des servomécanismes. — Préface de M. A.-R. Métral. — Tome I, 165 pages, 6 figures, S. E. D. E. S., Paris, 1949. Prix : 500 francs.

Ce fascicule contient la reproduction d'une partie des exposés effectués au Conservatoire national des Arts et

Métiers, dans le cadre des Conférences d'actualités scientifiques et techniques, en 1947. Comme le fait ressortir M. A.-R. Métral dans la préface de cet excellent ouvrage, ce travail vient à son heure pour combler une lacune de la littérature de langue française, qui ne comportait, jusqu'à présent, aucun exposé d'ensemble de la théorie des servomécanismes.

M. F.-H. Raymond, dans la première conférence, donne les principes généraux des servomécanismes mettant en lumière, de manière élémentaire, leurs propriétés fondamentales; cet exposé est complété par une introduction originale sur un aspect nouveau des servomécanismes à plusieurs variables.

M. G. Lehmann brosse ensuite le schéma de la théorie harmonique des servomécanismes linéaires, mettant en évidence l'élégance et la simplicité d'emploi des procédés de calcul des amplificateurs à contre-réaction.

La dernière conférence est consacrée aux mathématiques expérimentales. Après un rapide exposé sur la classification des machines mathématiques, M. F.-H. Raymond définit les organes accomplissant les opérations fondamentales de l'algèbre et décrit des combinaisons complexes mettant en œuvre, à divers échelons, la notion de servomécanisme. L'exemple d'une réalisation de direction de tir termine cet exposé.

Telles sont dans leurs grandes lignes les matières abordées dans ce premier tome dont la lecture pleine d'intérêt fait souhaiter la parution prochaine de la seconde série de conférences où MM. Lehmann, Lœb, Colombani et Pommelet traitent des applications des servomécanismes dans les domaines qui leur sont familiers.

M. PARODI.

CORK (James M.). — Radioactivité et Physique nucléaire, traduit de l'anglais par J.-P. Bodet. — Dunod, éditeur, Paris, 1949, 324 pages.

Dans un petit nombre de pages, M. J. M. Cork a su résumer d'une façon très claire les notions essentielles de l'atomistique moderne et il a en outre rassemblé une foule de données numériques relatives, les unes aux isotopes, les autres aux particules élémentaires. Après avoir défini les particules fondamentales et indiqué comment il était possible de les détecter et de provoquer leur mouvement, l'auteur étudie les émissions α, β et γ. Les propriétés des neutrons, des protons, des deutons sont exposées ensuite d'une façon précise avant d'aborder l'étude de la théorie de Zukawa et du rayonnement cosmique. L'auteur semble admettre l'existence d'un méson de masse de l'ordre de 200 me. et il ne parle pas des travaux récents de M. Leprince-Ringuet sur les mésons de grande masse. L'étude de la fission nucléaire et de ses applications termine cet intéressant ouvrage.

M. PARODI.

DESVILLE (H.). — Cours de Médecine du travail. — Le François, édit. Paris, 1949.

Le professeur H. Desville, qui est chargé de l'enseignement de la Médecine du travail à la Faculté de Médecine de Paris, a réuni dans ce fascicule une série de leçons intéressant la prévention et la pathologie des maladies professionnelles; ces leçons sont dues aux spécialistes les plus qualifiés dans les diverses questions traitées. Il ne s'agit ni d'un traité complet de médecine du travail, ni d'une série de leçons rédigées en vue d'un enseignement oral, mais d'exposés fort documentés sur ces problèmes trop souvent mal connus des médecins d'usine.

Il s'agit, par exemple, du droit du travail, du contrat de travail, de la législation des services médicaux et sociaux, de l'organisation des services de psychotechnie, des services du Ministère du Travail et de la Sécurité Sociale, sans oublier les tableaux des maladies professionnelles indemnisables. Le professeur Desville a également demandé à des spécialistes l'exposé de la question si délicate et si difficile du reclassement, de la surveillance, de la reprise du travail et de rapports des troubles mentaux et de la médecine du travail.

L'étude des maladies professionnelles n'est pas négligée et constitue une excellente mise au point des problèmes en constante évolution.

Le Cours de Médecine du travail sera consulté avec fruit non seulement par les médecins d'usines, mais par tous ceux qui s'intéressent au problème si important et si actuel de la protection de la santé des travailleurs.

R. FABRE.

DIEUDONNE (J.). — Sur les groupes classiques. — Fasc. 1040 des Act. Sc. et Ind. Hermann, 82 pp., Paris, 1948.

Il s'agit ici, comme en un ouvrage de H. Weyl publié sous le même titre à Princeton (1939), du groupe linéaire général à n variables et ses sous-groupes laissant invariante une forme quadratique (groupe orthogonal), une forme hermitienne (groupe unitaire) ou une forme alternée (groupe symplectique). Au lieu de développer la théorie sur la totalité de l'axe réel ou du plan complexe, l'auteur met la question sous l'égide de l'algèbre, en prenant pour corps de base un corps fini quelconque. Il simplifie notablement la présentation des résultats antérieurs, établis péniblement par des méthodes de C. Jordan, L. E. Dickson, par le recours aux espaces vectoriels, qui donnent à l'algèbre linéaire le support intuitif le mieux adapté.

G. BOULIGAND.

A. GAGNIEU : La pratique des méthodes rapides en cytologie végétale; L'observation des chromosomes. - G. LAISNE : Exercices pratiques d'enseignement. — Un vol. in-8° coquille, 79 pages, 26 figures, 2 planches. S.E.D.E.S., édit., 250 francs.

La partie la plus importante de ce livre est un « ensemble d'information technique » sur les méthodes nouvelles dont l'emploi se répand de plus en plus dans la caryologie moderne. Elle constitue la première mise au point en langue française de cette importante question; ayant fréquenté pendant une année le laboratoire du Professeur Darlington, Mlle Gagnieu, qui a pu bénéficier là de nombreux conseils pratiques, était particulièrement qualifiée pour la rédiger.

L'auteur donne d'abord des indications sur la recherche du matériel favorable en fonction du cycle d'activité chromosomique (mitoses somatiques, meïose, mitoses polliniques haploïdes). Pour les méthodes générales de traitement du matériel, qui sont exposées ensuite, un choix judicieux a été fait parmi les nombreuses techniques ou variantes publiées; celles qui sont proposées sont accompagnées d'un grand nombre d'indications pratiques qui témoignent de l'expérience de l'auteur et seront particulièrement appréciées des chercheurs comme de ceux qui ont à organiser un enseignement pratique sur les chromosomes. Ces chapitres sont complétés par un calendrier d'activité chromosomique de plantes favorables à l'observation et par un formulaire des différents réactifs cités.

A la suite de l'exposé de Mlle Gagnieu, les exercices pratiques d'enseignement de M. Laisné proposent « un matériel simple et d'utilisation pratique permettant une initiation à la cytologie végétale ». On y trouvera, fort bien présentés, les différents constituants cellulaires accessibles avec l'appareillage optique dont peuvent disposer des élèves.

Chaque fois qu'il est nécessaire, des illustrations des auteurs viennent compléter le texte et contribuent à augmenter, s'il est possible, l'intérêt pratique de ce livre.

G. DEYSSON.

GRIGNARD (V.). — Précis de Chimie organique, publié par R. Grignard et J. Colonge. — Un vol. in-8°, XVI-903 pages. Prix, broché : 2.600 francs. 3e édition. Masson et Cie, édit., Paris, 1949.

La première édition de ce précis, rédigée d'après le cours que V. Grignard professa à la Faculté des Sciences de

Lyon, parut en 1937; une deuxième édition, complétée et mise à jour, fut publiée en 1942.

Pour cette troisième édition, les Auteurs, tout en conservant l'armature initiale, ont introduit, en dehors de nombreuses additions de détail, de nouveaux chapitres : cétones à grands cycles, quinones naphtaléniques, acides aldéhydiques, polymères industriels (silicones), etc. Ils se sont abstenus de faire appel aux théories électroniques modernes pour l'interprétation des mécanismes réactionnels, estimant sans doute qu'il y avait lieu d'attendre l'enrichissement de nos acquisitions en ce domaine. Deux innovations heureuses : indication de la date des découvertes les plus importantes, renvois bibliographiques aux mises au point d'intérêt général parues dans les principales revues françaises ou étrangères. Enfin, l'appendice, introduit dans la deuxième édition et donnant un aperçu schématique des méthodes générales de la Chimie organique, a été complété et mis à jour. Nul doute que cet ouvrage, impeccablement édité, ne connaisse, comme les deux précédentes éditions, le succès qu'il mérite.

R. TRUHAUT.

HUMBERT (Pierre). — Histoire des découvertes astronomiques. — Collection « Initiations », éditions de la Revue des Jeunes, Paris, 1948. 270 pages, 180 francs.

L'histoire des découvertes astronomiques que M. Pierre Humbert, poursuivant ses intéressantes publications d'histoire des sciences, vient de donner en librairie ne manquera pas de plaire à ceux qui désirent suivre les progrès de la science.

Partant des travaux des astronomes grecs dont l'Almageste de Ptolomée est le couronnement, M. Humbert parvient à l'exposé des travaux les plus récents de M. le chanoine Lemaître, après avoir décrit les hésitations des astronomes de la fin du Moyen Age, donné les hypothèses de Copernic et Galilée, fondateurs de l'astronomie moderne, précisé enfin celles de Newton qui conduisirent à la mécanique céleste. La naissance de l'astrophysique est évoquée en cours de route, les résultats les plus marquants que l'on doit à cette science énumérés.

La relation des principales découvertes de l'astronomie termine cet excellent ouvrage, riche, d'autre part, en données bibliographiques.

M. PARODI.

KONRAD (P.) et MAUBLANC (A.). — Les Agaricales. Classification, Revision des espèces, Iconographie, Comestibilité. — Agaricaceæ. — Encyclopédie Mycologique, XIV, 469 pp., Paul Lechevalier, édit., Paris, 1948.

Ce quatorzième volume de l'Encyclopédie Mycologique comprend deux parties. La première concerne la comestibilité des Champignons : a) remarques sur les moyens absurdes qui, dit-on, permettent de reconnaître à coup sûr les Champignons vénéneux; b) nécessité de consommer des Champignons bien cuits, en très bon état (les Champignons en voie de décomposition contiennent des cryptomaïnes); c) cas d'idiosyncrasie anaphylactique; d) accidents attribués à tort à des Champignons, accidents « inexpliqués ». Pour chacun des empoisonnements (phalloïdiens, atropiniens, sudoriens, gyromitriens, gastro-intestinaux), les auteurs ont cité le nom des espèces responsables, décrit le syndrome, proposé un traitement. Parmi les vingt-neuf espèces reconnues vénéneuses, trois sont mortelles, onze dangereuses, quelquefois mortelles, huit dangereuses mais non mortelles, sept ne donnent que des troubles gastro-intestinaux.

La deuxième partie, beaucoup plus développée (pp. 49-438), expose la classification systématique de l'ordre des Agaricales, c'est-à-dire des Hyménomycètes les plus élevés en organisation et comprenant six familles : Agaricaceæ, Russulaceæ, Hygrophoraceæ, Gomphidiaceæ, Paxillaceæ, Boletaceæ. La famille des Agaricaceæ, seule étudiée ici, est divisée en douze tribus comprenant soixante-dix-neuf genres, de très nombreuses sections et espèces. Ces divisions n'ont pas été adoptées au hasard. Actuellement, on tend à multiplier considérablement le nombre des genres, mais les Auteurs ont jugé qu'ils devaient agir avec prudence. Certes, « un genre gagne en homogénéité lorsque l'on en détache des espèces aberrantes pour lesquelles la création de nouveaux genres, souvent monotypes, est indiquée », mais il convient aussi « de n'admettre que les genres nouveaux qui ont des chances de résister à l'usure du temps ». L'espèce a été envisagée dans un sens large car « le morcellement excessif des espèces est une faute qu'il y a lieu d'éviter ». Les caractères distinctifs importants, seuls, ont été signalés; les synonymes indispensables cités, les autres éliminés; les espèces douteuses et les espèces de petite taille n'intéressant que les spécialistes, volontairement abandonnées. La référence à de bonnes planches, aux iconographies les plus accessibles, est indiquée pour chaque espèce. De plus, les Auteurs citent toutes les espèces ou groupes d'espèces présentant des spores amyloïdes au réactif chloral-iodé de Melzer, ou des basides granuleuses au carmin acétique de Kühner.

Ainsi a été réalisé un ouvrage épuré de toute synonymie inutile et des longues descriptions que l'on peut trouver ailleurs, mais tenant compte des recherches les plus récentes, véritablement fait pour « la grande masse des Mycologues » et pour les « amateurs déjà quelque peu expérimentés ».

S. JOVET-AST.

LAFFAY (J.). — Les Télécommunications. — Collection « Que sais-je? », Presses Universitaires, Paris, 1949. Un volume, 124 pages.

Peu de techniques ont eu depuis ces dernières années un développement comparable à celui des télécommunications. Sans rebuter le lecteur par l'exposé de problèmes souvent délicats, M. J. Laffay donne dans cet intéressant opuscule les notions générales qui permettent de situer les télécommunications dans le cadre de la vie moderne.

M. PARODI.

LANGERON (M.). — Précis de Microscopie. — Paris, 1949, Masson, 7ᵉ édition. Un fort volume cartonné de 1.430 pages, avec 392 figures (broché en deux volumes), tables nombreuses, index alphabétique, bibliographie. Prix, cartonné : 2.600 francs.

Il est inutile de vouloir présenter le Précis de Microscopie de M. Langeron car tout le monde le connaît et l'utilise. Pour le médecin, le zoologiste, le biologiste, etc., c'est l'instrument de travail indispensable, le guide précieux. Du reste, le fait que la présente édition est la septième pourrait suffire à prouver quel succès il rencontre.

D'un maniement commode grâce à son index très détaillé, cet ouvrage permet au débutant comme au travailleur isolé de s'initier à des techniques nouvelles. La longue expérience de l'auteur lui permet de présenter les renseignements qu'il donne d'un point de vue critique.

Cette nouvelle édition tient compte des progrès accomplis ces dernières années; des chapitres entiers ont été rédigés sous une nouvelle forme avec de copieuses additions, ce qui en fait presque un livre nouveau.

Les principales nouveautés concernent : l'optique (polarisation par réflexion vitreuse, contraste de phase, effet Berek); les micromanipulateurs; un agrandisseur électronique moderne; les méthodes de coloration (métachromasie, nouveaux colorants neutres et tampons, coloration-laquage, sidérocytes du sang); les méthodes d'imprégnations métalliques nouvelles; la cytologie; la microbiologie (colorants acides, acido-résistance); la botanique...

R. CHAUX.

LEGENDRE (R.). — Convection de la chaleur en régime permanent. — Conférences au Centre d'études supérieures de mécanique. Un vol., VI-118 pp. Paris, 1949, Dunod, édit.

Cet ouvrage est consacré à une étude détaillée des lois théoriques et expérimentales de la transmission de la chaleur par convection forcée. Après avoir au chapitre Iᵉʳ exposé

les caractères de l'échange de chaleur par transmission et introduit les coefficients de transmission, le chapitre II applique ces définitions au calcul des échangeurs (à courants parallèles, à contre-courant, à courants croisés). Les lois théoriques de la diffusibilité thermique dans les solides et les fluides (en particulier dans les fluides compressibles) sont ensuite exposées au chapitre III. Le chapitre IV traite en détail quelques problèmes de convection en écoulement laminaire et discute notamment les équations relatives au cas du tube circulaire. Le cas du régime turbulent est ensuite discuté au chapitre V d'une façon semi-empirique. Le chapitre VI examine et classe les lois et résultats obtenus dans l'étude expérimentale de la convection. Enfin, le chapitre VII étudie en détail les équations relatives au cas de la lame plane en régime laminaire.

G. PETIAU.

MacROBERT (T. M.). — Spherical Harmonics. An elementary treatise on Harmonic Functions with applications. 1 vol. XV - 372 p., 20 fig., Methuen et Co Ltd, 2e édition, London, 1947. Prix 22/6.

Dans cette seconde édition, l'ouvrage de M. MacRobert conçu initialement dans le but de mettre à la disposition des phyisiciens un manuel pratique sur les propriétés des fonctions de Legendre, a été profondément modifié et complété notamment par l'addition de deux chapitres, l'un sur les fonctions hypergéométriques, l'autre sur les fonctions de Legendre associées d'ordres quelconques.

Suivant la méthode des traités de mathématiques appliquées anglais les fonctions étudiées et leurs propriétés sont introduits directement à partir d'exemples concrets tirés des grands problèmes de la physique mathématique et l'exposé reste volontairement élémentaire même si cela oblige à écarter un grand nombre de résultats intéressants. C'est ainsi, par exemple, que l'emploi de la représentation des fonctions par des intégrales curvilignes du plan complexe a été systématiquement écarté. Néanmoins cet ouvrage servira utilement non seulement aux physiciens, mais aussi aux jeunes mathématiciens pour lesquels il constituera une excellente introduction au grand traité de E. W. Hobson (The Theory of spherical and ellipsoidal Harmonics) en leur présentant les problèmes de physique qui sont à l'origine des recherches mathématiques sur ces fonctions.

Après un exposé élémentaire au chapitre I sur la théorie des séries de Fourier les chapitres II et III en examinent quelques applications aux problèmes des théories de la conductibilité calorifique et des cordes vibrantes. Le chapitre IV introduit les fonctions de Legendre et les fonctions hypergéométriques et donne leurs principales propriétés tandis que les chapitres V, VI et VII sont consacrés à l'étude plus approfondie des polynomes de Legendre, des fonctions de Legendre de première et seconde espèces et des fonctions de Legendre associées d'ordres entiers. Les chapitres VIII, IX, X, XI et XII étudient l'application des fonctions de Legendre à la théorie du potentiel, à l'électrostatique, aux potentiels des sphères, des ellipsoides de révolution et des systèmes de deux shères. Le chapitre XIII expose la théorie des harmoniques sphériques suivant Maxwell. Les chapitres XIV, XV et XVI examinent les propriétés élémentaires des fonctions de Bessel, leurs développements asymptotiques et quelques-unes de leurs applications. Le chapitre XVII étuidie les propriétés élémentaires de fonctions hypergéométriques. Enfin au chapitre XVIII les propriétés des fonctions de Legendre associées d'ordre quelconque sont examinées d'une façon plus approfondie.

Tous les chapitres sont complétés par de nombreux exemples et exercices étendant considérablement le nombre des formules et des renseignements que les physiciens pourront trouver dans cet ouvrage susceptible de leur rendre de grands services. A notre connaissance, il n'existe d'ailleurs aucun traité analogue en langue française, le seul ouvrage français moderne traitant des fonctions de Legendre (R. Lagrange : Polynomes et fonctions de Legendre, Mémorial des Sciences mathématiques, fasc. 97) étant d'un emploi assez difficile pour les physiciens.

G. PETIAU.

MERCIER André. — Précis de physique générale. I. Introduction à la physique et à la mécanique. II. La chaleur. Bibliothèque Scientifique, Editions du Griffon, à Neuchatel, Dunod, à Paris. T. I, 1945, 197 p., T. 2, 1947, 105 p.

Ces deux premiers volumes du Précis de Physique générale, que les auteurs se proposent de publier, sont essentiellement destinés à compléter l'enseignement donné dans les universités aux étudiants de physique générale et dans les écoles techniques aux élèves ingénieurs. Les auteurs se proposent d'y donner, à côté de l'exposé des grandes lois de la physique aujourd'hui classiques, suffisamment de précisions sur les transformations qu'on subies les notions fondamentales dans ces dernières années, pour que les étudiants puissent accéder facilement à une conception d'ensemble de la physique moderne. Le but des auteurs étant de fournir un exposé des principes de la physique permettant l'étude ultérieure des applications techniques, la description des expériences dites de cours à l'aide desquelles on établit ou vérifie les grandes lois, ne trouve pas place dans leur ouvrage.

Le tome I est consacré d'une part à une introduction générale à la physique (objet de la physique, notions de temps et lois d'interaction, état de la matière, extension spatiale, notion de champ, phénomènes mécaniques, thermiques et électriques) ; d'autre part, à l'exposé de la mécanique dite rationnelle (mouvement du point matériel, du corps rigide, étude de la masse en mouvement, quantité de mouvement, énergie cinétique, force, travail et énergie, équation fondamentale de la dynamique, étude de l'oscillateur harmonique, étude de la gravitation, mouvement relatif, notions sur la relativité restreinte, notions sur la théorie de l'élasticité, notions de mécanique des fluides, viscosité et tension superficielle.)

Le tome II expose les principes généraux de la thermomynamique classique (notion de grandeurs d'état, thermométrie, étude de l'état thermique et de ses déformations, premier et second principes de la thermodynamique, potentiel thermodynamique, étude de l'état gazeux, états liquides et solides, problèmes des basses températures.)

G. PETIAU.

PLANTEFOL (Lucien). — La théorie des Hélices foliaires multiples. Fondements d'une théorie phyllotaxique nouvelle. — Paris, Masson édit., 1948, 154 pp., 52 fig.

Ce travail a d'abord paru dans les **Ann. Sc. nat-Botanique**, 1947 et 1948, 11e sér., t. VII et VIII. Dès le 18e siècle, la Science a « enregistré l'existence de spirales multiples parmi les dispositions foliaires ». Cependant c'est une autre théorie qui a prévalu et qui continue à être admise actuellement : cette théorie est celle de la **spirale génératrice unique**, conception inséparable de celle de la divergence des feuilles, divergence constante pour une espèce donnée. Or, ces règles phyllotaxiques se trouvent souvent en défaut et, pour expliquer ce qui leur fait exception, les auteurs étaient obligés de faire intervenir d'autres notions théoriques. Les deux premiers chapitres sont consacrés à l'historique et à la critique de la théorie de la spirale génératrice unique. Puis l'auteur précise les « **réalités** phyllotaxiques à étudier »; en effet, sa nouvelle théorie s'appuie constamment sur des **faits** observés et figurés. Le lecteur conviendra aisément de l'impossibilité de présenter ici, non pas toute l'argumentation de l'auteur, mais même seulement les **principaux résultats** consignés en un peu plus de quatre pages (29 paragraphes)... Aussi, faut-il se résigner à ne donner que quelques indications (encore trop fragmentaires) sur ce travail dû à un Professeur de la Faculté des Sciences de Paris qui montre, d'une manière évidente, que l'étude de la morphologie végétale est loin d'être terminée.

L'auteur étudie la phyllotaxie des Monocotylédones (ch. IV et V) et, en particulier, dans le genre **Lilium,** puis celle des Dicotylédones, parmi lesquelles Tournesol et Poirier fournissent sujet à de nombreuses observations et déductions (ch. VI). Chez **Lilium candidum,** les tiges latérales d'un bulbe jeune n'ont qu'une hélice foliaire, mais deux hélices foliaires sur « un bulbe moyen », et trois sur un bulbe adulte. Les feuilles se trouvent donc disposées sur les tiges sur des hélices en nombre variable, parfois uniques, le plus souvent multiples. L'auteur montre clairement le passage de la disposition hélicoïdale à la disposition droite, la constitution des divers types de verticilles (l'un des types extrêmes se réalisant sur les tiges à plusieurs hélices foliaires, l'autre sur celles à hélice unique). Parmi bien d'autres faits, cette théorie permet de comprendre un certain nombre d'anomalies (par ex., les fasciations). « La connaissance phyllotaxique d'une plante comporte l'acquisition des données suivantes : a) **Nombre des hélices foliaires :** variation normale de ce nombre avec l'âge de la plante et la position des rameaux étudiés: b) **Organisation des feuilles le long de chaque hélice foliaire :** juxtaposition, recouvrement ou superposition des feuilles; c) **Agencement des feuilles des diverses hélices :** alternance ou verticillation, variations avec l'âge et la position; fausse verticillation; d) **Variations équilibrées et tératologiques** du nombre des hélices foliaires et de la disposition dans l'espèce étudiée ». Parmi les déductions que permet cette théorie, il faut retenir une loi de l'évolution : le nombre des hélices foliaires s'est réduit depuis les Lycopodiales jusqu'aux Dicotylédones à seulement deux hélices foliaires. Par ces quelques notes, on devine (on en acquiert la certitude en étudiant ce travail) l'ampleur que pourront prendre les études s'inspirant de cette nouvelle théorie, dont on peut formuler ainsi les deux notions fondamentales : **multiplicité des hélices foliaires,** d'une part; **contiguïté des ébauches, puis des segments foliaires,** d'autre part.

L'auteur, qui a fortement étayé sa théorie par des faits contrôlables, ne dissimule pas que de nombreuses recherches restent à entreprendre; il suggère notamment que sa conception de la phyllotaxie doit « montrer s'il faut incorporer les Bryophytes (aux) plantes à feuilles ou les en exclure ». Bien dessinées, les figures sont parfaitement adaptées au texte. L'ouvrage se termine par deux pages de références bibliographiques et une table détaillée.

Paul JOVET.

RENAULT (R.). — **La Matière. T. I. Atomistique et Chimie générale.** Préface de **Mme I. Joliot-Curie.** 1 vol., 16×24, de XV, 426 p., 2ᵉ édit. Paris, 1948, Dunod et Cie, édit.

Cet ouvrage rassemble, sous une forme très lourde, une série de tranches de cours sur les diverses matières que l'on enseigne généralement dans la préparation aux certificats de Chimie-Physique des Facultés des Sciences. On y trouvera successivement : d'une part, sous le nom d'atomistique, un ensemble d'exposés assez disparate : relativité restreinte, thermodynamique, théorie cinétique des gaz, mouvement brownien, théorie des quanta, rayons X, puis, dans une seconde partie, intitulée : structure discontinue de la matière, des éléments sur l'électronique, les radioactivités, les théories de l'atome de Rutherford, Bohr, Sommerfeld, le principe d'exclusion de Pauli, etc... La troisième partie, la plus importante, intitulée chimie générale, rassemble les lois expérimentales, les lois théoriques, les hypothèses qui, aujourd'hui, servent de bases à l'étude de l'évolution des réactions chimiques sous l'influence des agents physiques. En arrivant à la fin, nous disons, avc l'auteur (p. 376) : « Ouf...! Arrêtons-nous là pour un moment... ». Mais après quelques manifestations oratoires (qui semblent fortement discutables : « La pensée nous ramène à l'origine des temps où l'électricité du cosmos se condense en noyaux d'hydrogène, où l'onde connaît le corpuscule, pour former les nébuleuses gazeuses... ».) L'on repart pour ajouter de nouvelles « tranches de physique » sous formes d'addenda allant de la mécanique analytique à la thermochimie en passant par la chimie nucléaire, l'osmose, la cristallographie, etc...

Signalons que cet ouvrage a été couronné par l'Académie des Sciences.

G. PETIAU.

SAUTER (Marc R.). — **Préhistoire de la Méditerranée.** 1 vol. in-8°, 186 pages, 42 figures. (Bibliothèque Scientifique). Paris, 1948. Payot, éditeur. Prix : 420 fr.

Le fervent des études méditerranéennes trouve aisément des livres sur les Egyptiens, les Phéniciens, les Grecs et les Romains. Mais avant ces créateurs ou ces héritiers de grandes civilisations, il y eut d'autres populations qui vécurent sur les mêmes lieux, tout autour de la mer intérieure. Ces populations, préhistoriques, ont vécu avant l'invention de l'écriture, de l'élevage et de l'agriculture. M. Sauter s'y est intéressé et il a brossé une vaste fresque des temps préhistoriques autour de la Méditerranée. Dans le temps, elle commence à l'aurore de la Préhistoire pour finir à l'aube de l'Histoire, avant le Néolithique. Dans l'espace, elle s'étend de l'Atlas aux Apennins, de Gibraltar au Mont Carmel.

Ce livre donne un aperçu général et complet de nos connaissances actuelles sur l'ensemble des populations préhistoriques des régions méditerranéennes.

Commençant ce grand voyage par le Languedoc et la Provence, nous arrivons vite aux célèbres grottes de la Riviera, entre Nice et Gênes. Des documents nouveaux s'ajoutent aux anciens et nous font mieux comprendre la superposition des faunes et des industries lithiques, depuis le Moustérien jusqu'au Mésolithique. Après l'Italie, c'est l'Espagne, les grottes de Gibraltar, les œuvres d'art de la région cantabrique et du Levant espagnol, les relations culturelles avec l'Afrique voisine. Un long chapitre est consacré à l'Afrique du Nord, puis un autre à l'Egypte. On arrive dans le Proche-Orient, aux belles découvertes des grottes de Palestine. Le périple se termine par la Turquie et les Balkans.

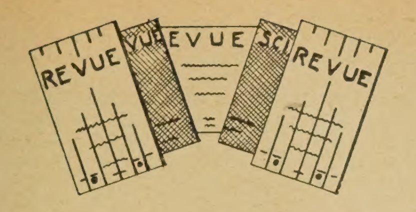
Tout au long de son exposé fort bien conçu et agréable à lire, l'auteur discute les points litigieux, nous montre les rapports et les différences entre les diverses industries et les diverses régions. Pour la première fois, la Préhistoire est parfaitement intégrés dans son cadre géologique et biogéographique et nous pouvons suivre ces curieuses associations de la faune et de l'industrie lithique qui se succèdent et ne se mêlent jamais. C'est un point qui n'est devenu évident que depuis l'introduction de la plus stricte méthode stratigraphique dans les fouilles.

R. FURON.

TETRY (A.). — **Les outils chez les êtres vivants. Préface de L. Cuénot.** — Paris, Gallimard, 1948. Un volume 19,5×12,5 de 323 pages avec 75 figures. Index alphabétique. Prix : 550 francs.

Ainsi qu'il est dit dans l'introduction, ce livre a été écrit surtout pour les philosophes, auxquels il doit fournir des exemples tirés des sciences naturelles et destinés à compléter leur argumentation qui jusqu'alors provenait surtout de la physique et des mathématiques.

Se référant à Littré, l'auteur donne de l'outil et de l'instrument une définition qui s'applique aux œuvres de l'homme, mais cette définition peut-elle nous satisfaire en ce qui concerne les animaux et les plantes? Pour le classement, l'auteur classe les outils d'après l'usage qui en est fait, ce qui est la solution la plus logique. De très nombreuses utilisations d'outils naturels sont passées en revue, depuis les dents de délivrance jusqu'aux éjecteurs et même l'emploi de matériaux extérieurs. Il nous paraît que les dispositifs décrits dans les chapitres intitulés : pièges, portes, appareils de plongée, flotteurs, semblent mieux convenir à la définition de l'outil car il y a là acte de réalisation dans un but déterminé. Le rassemblement d'une telle documentation embrassant un vaste domaine représente un très gros travail de sélection car, dans la multitude de faits cités par les



les revues

1° SCIENCES MATHEMATIQUES

BULLETIN OF THE AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY, mai-juin 1949. — **J. H. C. Whitehead** : Homotopie combinatoire. — **A. Weil** : Nombre de solutions d'équations, dans un champ fini. — **Z. Nehari** : Dérivée de Schwarz et fonctions uniformes. — **St. P. Diliberto** : Propriétés spéciales des transformations conservant la mesure. — **M. M. Peixoto** : Fonctions convexes généralisées et inégalités différentielles du second ordre. — **H. T. Kuo** : Une formule de récurrence pour $\zeta(2n)$. — **R. Ree** : Sur un problème de M. Zorn. — **E. G. Bègle** : Sur les espaces S. — **A. Borel** : Groupes de Lie transitifs sur les sphères et les tores. — **B. M. Stewart** : Sur les p. p. c. m. — **H. Chatland et H. B. Mann** : Extensions entières d'un anneau. — **R. M. Cohn** : Un théorème sur les différences des polynomes. - Champs à différence inversive. — **R. D. Schafer** : Le théorème principal de Wedderburn pour les algèbres alternatives. — **N. C. Ankeny** : Sur le minimum d'une forme binaire. — **R. Brauer** : Sur un théorème de H. Cartan. — **B. W. Jones** : Sur les matrices symétriques. — **C. C. Hsiung** : Invariants de l'intersection pour certains couples d'espaces courbes. — **T. Radò** : Sur les transformations planes qui, à titre essentiel, sont absolument continues. — **C. R. Wybë** : Unicité d'une certaine involution de lignes. — **D. Ellis** : Possibilité de superposer divers groupes métrisés d'une manière naturelle.

BULLETIN DES SCIENCES MATHEMATIQUES, 2e série, tome LXXIII, janv.-fév. 1949. — **Mme J. Lelong-Ferrand** : Sur le principe de Julia-Caratheodory et son extension à l'espace à p-dimensions. — **V. Lalan** : Le rôle des asymptotiques virtuelles dans la théorie de l'immersion des surfaces.

2° SCIENCES PHYSIQUES

GAZETA DE FISICA. — V. 1, n° 9, octobre 1948. — **Mme I. Joliot-Curie** : Madame Curie. — **A. Gibert** : Le radium, un symbole. — **S. Rosenblum** : Sur les spectres magnétiques des rayons α. — **M. Valadores** : Madame Curie. — **R. Grégoire** : Histoire de la découverte de la radioactivité naturelle. — **M. Texeira** : Un semestre au laboratoire de Madame Curie. — **C. Santos** : Curiethérapie et Röntgenthérapie.

INDIAN JOURNAL OF PHYSICS. T. 23 et **PROCEEDINGS OF THE INDIAN ASSOCIATION FOR THE CULTIVATION OF SCIENCE.** T. 32, n° 1, janvier 1949. — **S. B. Sanyal et MM. Majumder:** Sur les spectres Raman des chlorures de chlore et bromo-acétyle. — **B. K. Sen:** Un nouveau joueur de violon mécanique et quelques expériences relatives. — **A. N. Bhattacharyya :** Système d'atterrissage instrumental pour avions. — **K. C. Kar et S. Sengupta** : L'intensité relative dans les spectres de doublet. — **C. Ramasastry** : Les bandes ultra-violettes de la molécule d'iodure de zinc. III.

JOURNAL DE CHIMIE-PHYSIQUE. Tome 46, n°s 7-8, juillet-août 1949. — **R. O. Prudhomme** : Luminescence provoquée par les ultrasons dans les liquides. — **R. O. Prudhomme et P. Grabar** : De l'action chimique des ultrasons sur certaines solutions aqueuses. — **R. Daudel et O. Chalvet** : Application de la méthode des diagrammes moléculaires à l'étude de la force basique des dérivés polycycliques azotés, conséquences relatives au pouvoir cancérigène et au pouvoir abiotique. — **W. K. F. Wynne-Jones** : Les propriétés électrolytiques des solutions dans l'eau oxygénée. — **M. Magat** : Contribution à la thermodynamique des solutions de hauts-polymères. II. Solubilité des hauts polymères. — **Mme G. Gavoret et M. Magat** : Id. III. Etude du seuil de précipitation pour le GR-S. — **P. Girard et P. Abadie** : Au sujet de la dispersion diélectrique dans les liquides. —

LES LIVRES (suite)

naturalistes, il en est une quantité qui ne le sont que de seconde main et pour le moins sujets à caution. Certaines interprétations du rôle de particularités anatomiques sont encore peu satisfaisantes : par exemple, le rôle de la vessie natatoire des poissons. Comment voir un rôle hydrostatique joué par la vessie natatoire de Silures sud-américains chez qui elle est enclose dans une capsule osseuse formée par des expansions des apophyses vertébrales? Ce sont là des problèmes de détail, mais dont les solutions proposées doivent être examinées avec un soin tout particulier.

Les conclusions générales rouvrent l'interminable débat opposant finalistes et anti-finalistes, car la grande question qui se pose est la suivante : les outils des êtres vivants sont-ils là pour atteindre un but bien déterminé ou les êtres vivants utilisent-ils par hasard des particularités anatomiques accidentelles? Dans un tel débat, les adversaires se submergent réciproquement de faits qui ne réussissent à convaincre ni les uns ni les autres, chacun disposant d'un arsenal de faits particulièrement bien choisis.

Ce très bon ouvrage, abondamment illustré et rempli d'exemples, sera certainement très utile à tous ceux qui recherchent des faits classés et catalogués.

J. CHAUX.

WEIL (A.). — **Sur les courbes algébriques et les variétés qui s'en déduisent.** — Fasc. 1041 des Act. Sc. et Ind. Hermann. 85 pp., Paris, 1948.

La géométrie algébrique réserve, c'est naturel, une place de choix aux variétés déduites de certaines courbes : telle la variété des couples ponctuels sur une courbe algébrique C (produit direct CC), toute préparée à l'étude des correspondances sur C.

Dans ce travail, l'auteur reprend « ab ovo » l'étude de ces variétés par des méthodes renforçant celles de l'école italienne par des emprunts à la topologie. Indépendants des travaux de F. K. Schmidt et de H. Hasse, les raisonnements directs intervenant ici aboutissent à des résultats connus dans le cas où le corps des constantes est le corps des nombres complexes, mais inédits quand on prend d'autres corps, pouvant être à caractéristique non nulle.

G. BOULIGAND.

I. Prigogine et R. Defay : Tension superficielle dynamique des solutions régulières. — **R. Muxart, O. Chalvet et P. Daudel** : Réaction d'échange entre le phosphore et le trichlorure de phosphore. — **R. Dejay** : Essai d'une thermodynamique des couches minces. — **H. Volkringer et Mme Valladas-Dubois** : Influence de l'adsorption sur les spectres d'absorption du néodyme. — **A. Dognon et Mlle F. Simonet** : Ultrasons et suspensions : Effets thermiques et lytiques. — **J. Duclaux** : Recherches sur la série lyotrope. V. Colloques de la liaison chimique (suite).

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM. Tome X, n°s 7-8-9, juillet-août-septembre 1949. — **P. Langevin** : Sur un analyseur de mobilité pour les ions gazeux. II. Influence de l'épaisseur finie du manchon. — **A. Lallemand** : Les cellules à multiplicateurs d'électrons. Développements. Utilisation. — **Angiao** : Théorie des rapports entre gravitation et électromagnétisme et ses applications astrophysiques et géophysiques. — **J. Thommeret** : Evaluation de la teneur en uranium des minerais par la mesure des rayonnements nucléaires. — **M. Surdin** : Sur la sensibilité limite des galvanomètres. — **C. Taylor** : Sur la variation des bruits de fond d'un photomultiplicateur RCA 931 A avec le potentiel de l'enveloppe de verre.

3° SCIENCES BIOLOGIQUES ET NATURELLES

ANALES DE LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLOGICAS, Mexico. 15 novembre 1948, vol. V, n°s 1-2. — **Sanchez-Marroquin A. et Gavarron F. F.** : Etudes sur l'amylase d'Endomyocopsis fibuliger. IV. Caractéristiques de son action sur l'amidon commercial. — **Sanchez-Marroquin A.**: Etudes sur la microbiologie du pulque. II. Utilisation de Lactobacillus sp. dans la fermentation lactique de l'hydromel hydrolysé. — **Sanchez-Marroquin A. et Arciniera L.** : Etudes sur la microbiologie du pulque. III. activité dextrogène de Leuconostoc isolés dans l'hydromel. — **Sanchez-Marroquin A. et Rodriguez H.** : Etudes sur la microbiologie du pulque. IV. Comportement sérologique de deux extraits de Leuconostoc. — **Valdès Ornelas O. et Garcia G. A. M.**: Essai de prévention de la brucellose chez les animaux de laboratoire au moyen d'une bactérie. — **Hope P. H. et de la Mora J.** : Les cires de la canne à sucre. — **Castaneda-Agullo M. et Salazar P. V.** : Recherches sur les globulines cristallisées de graines de citrouille. — **Castaneda-Agullo M., Huerta M. L., Hernandez A. et Salazar V.** : Evolution de l'activité protéolytique du latex pendant le développement du fruit de cuaguayote (Pileus mexicanus). — **Castaneda-Agullo M. et Huerta M. L.** : Recherches sur le lysozime. II. Effet du lysozime de lait d'ânesse sur l'action bactériolytique des sérums. — **Castaneda-Agullo M. et Huerta M. L.** : Recherches sur le lysozime. III. Expérience de lyse de Proteus morgani, avec les anticorps et le lysozime de la salive de chat et du lait d'ânesse. — **Erdos J.** : Sur deux nouveaux complexes de sulfamides et de cuivre. — **Erdos J. et Ramirez L.** : Microdétermination rapide du soufre des sulfamides. — **Erdos J. et Carvajal C.**: Notes sur l'emploi de l'acide chlorosulfonique dans l'estérification. — **Erdos J.** : Appareil pour préparer les chlorures d'acides organiques. — **Alvarez-Buylla R.** : Inhibition du ganglion sympathique cervical supérieur. — **Folch Pi A., D'Harcourt J. et Ibarra H. R.** : Contribution à l'étude de la circulation dans une extrémité, l'artère principale étant ligaturée. I. Observations sur le chien intact. — **Alvarez Fuertes G.** : Tumeurs de la glande pinéale : quelques renseignements sur la structure histologique des pinéalomas. — **Briseno-Castrejon B.**: Etude statistique et anatomique à propos de l'interdépendance hypophyso-cortico-surrénale dans la surrénalectomie unilatérale. I. Hypophyse. — **Briseno-Castrejon B.** : Etude sur l'épithélium stratifié de l'œsophage de Rana pipiens Schreber.

ARCHIVES NEERLANDAISES DE ZOOLOGIE. 1948, 1re et 2e livraisons. — **Van der Klaauw** : Dimensions et position des composants fonctionnels du crâne. Une contribution à la connaissance de l'architecture du crâne, basée sur les données de la bibliographie. (1re partie). 176 pages, 65 figures dont 2 pl. hors-texte.

BULLETIN DE L'INSTITUT OCEANOGRAPHIQUE, Monaco. N° 939, 5 oct. 1948. — **M. Lafon** : Nouvelles recherches biochimiques et physiologiques sur le squelette tégumentaire des Crustacés. — N° 940, 10 nov. 1948. **A. Cailleux** : Lithologie des dépôts émergés actuels de l'embouchure du Var au cap d'Antibes. — N° 941, 15 déc. 1948. Célébration du centenaire de la naissance de S.A.S. le Prince Albert-Ier de Monaco à l'Institut Océanographique de Paris. — N° 942, 5 janv. 1949. Médaille commémorative du Prince Albert-Ier de Monaco. — N°s 943-944, 20 janv. 1949. **M. Fontaine et O. Callamand** : La Lipase sérique chez un Cyclostome (Petromyzon marinus L.) et divers Poissons Téléostéens. La lipase sérique du Saumon (Salmo salar L.) à diverses étapes de son développement et de ses migrations. — N° 945, 10 fév. 1949. **J. M. Peres** : Sur un cas nouveau de parasitisme chez les Polychètes. — N° 946, 28 fév. 1949. **M. Deflandre-Rigaud** : Révision du Manipule Synaptites sclérites d'Holothurides fossiles. — N° 947, 21 mars 1949. **R. Legendre** : Les ressources énergétiques de la Mer. — N° 948, 4 avril 1949. **A. Tartarin** : Observations préliminaires sur l'autotomie chez Coscinasterias tenuispina Lamarck. — N° 949, 2 mai 1949. **A. Bolognari**: A proposito della recente cattura di alcuni esemplari di Capodogilo (Physeter macrocephalus L.) nel Mediterraneo. — N° 950, 20 mai 1949. **P. Chabanaud** : Le problème de la phylogenèse des Heterosomata. — N°s 951-952, 2 juin 1949. **A. Dehorne** : Origine des linocytes chez Glycera. Les premières phases de la régénération postérieure chez Sabellaria.

LE NATURALISTE CANADIEN. Vol. LXXVI, n°s 5-7, mai-juillet 1949. — **L. Masse** : Sur la nécessité des recherches en géophysique. — **E. Fortin** : Etude histologique du tube digestif de la larve d'Hylurgopinus rufipes Eich. — **J. Kycyniak** : Quelques Muscinées de la région du lac Témiscamingue. — **R. Beland** : Le Labrador et le nouveau Québec vus de très loin.

4° ART DE L'INGENIEUR

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE. N°s 17 et 18, août 1949. — **R. Bourquin** : Sur un nouveau mode de pose de câbles électriques souterrains en campagne et leur traversée du Rhône à Genève. — **H. Favre** : Sur un type de plaque circulaire encastrée d'épaisseur linéairement variable.

BULLETIN TECHNIQUE DU VERITAS. N° 8, août 1949. — **F. H. Todd** : La recherche en construction du navire. — **L. C. Burrill** : Derniers perfectionnements aux hélices réversibles. — **A. Volmerange** : Expériences sur la stabilité des hélicoptères.

ELECTRICAL ENGINEERING. T. 68, n° 5, mai 1949. — **D. Bartlett** : La technique : une exportation invisible. — **K. D. Beardsley, W. A. McMorris, H. C. Stewart** : Les efforts de voltage dans les transformateurs de distribution. — **H. C. Stewart, L. C. Whitman** : Le vieillissement de l'isolant des transformateurs du type sec. — **T. de Koning** : Le refroidissement par vaporisation des machines électriques. — **H. A. Adler, W. H. Wickham, M. S. Oldacre** : Les étincelles périphériques dans les isolateurs suspendus. — **W. B. Kouwenhoven et G. J. Thaler** : Les régulateurs de voltage des piles au charbon pour les aéronefs. - Une étude sur un programme de transmission à 8.000 cycles. — **R. W. Beckwith** : Nouvel équipement porteur de courant pour les mesures à distance. — **L. F. Hickernell, A. A. Jones, C. J. Snyder** : Le cuivre « HY-Therm », un conducteur perfectionné. — **A. H. Sullivan** : L'électronique allemande dans la seconde guerre mondiale. — **J. T. Carleton** : Analogue électrique d'un rototrol à deux étages. —

C. **Bary** : La pompe à chaleur dans l'installation électrique ménagère. — **J. H. Neher** : L'échauffement des conducteurs enterrés. — **W. A. Lewis** : La coopération industrielle dans l'éducation secondaire. — **B. Brady** : Transformateurs et conducteurs secondaires économiques. — **W. C. Johnson, B. C. Merrell, R. E. Alley** : Courbes universelles pour réacteurs à courant continu. — **F. H. Busch, G. D. Williams** : La protection contre les oscillations dans un watt-mètre-heure. — **F. M. Deerhake** : Le relais de télévision de New-York à Schenectady. — **L. H. Harrison** : Les courants électriques dispersés dans les mines de charbon. — **L. Greer, J. A. Clark** : Caractères d'un petit moteur à courant continu. — **P. S. Dickey, P. R. Longhin** : Projets pour un système à charge variable. — **D. B. Hoover** : Un générateur à courant continu perfectionné. — **I. L. Cooter** : Les champs magnétiques entourant les fils d'enregistrement. — **H. J. Sutton** : L'équipement des lignes à câble coaxial. — **H. H. Wheeler, W. F. Markley** : Isolateurs en caoutchouc pour poteaux électriques. — **G. E. Jansson** : Grands disjoncteurs à air. — **H. H. Hanft** : L'énergie en tête dans les trains de voyageurs. — **G. I. Cohn** : L'induction électromagnétique.

ELECTRICAL ENGINEERING. T. 68, n° 6, juin 1949. — **R. M. Bozorth** : Progrès dans la théorie du ferromagnétisme. — **M. E. Douglas, W. H. Morong** : Un nouveau volt-ampère-mètre thermique. — **J. J. Loving** : Le développement du relai électronique. — **M. J. Balwin** : Les progrès dans la réalisation des moteurs de traction. — **K. B. McEachron Jr**: L'internat dans les études d'ingénieur. — **E. A. Walker, A. H. Waynick, P. G. Sulzer** : L'indicateur vectoriel polaire. — **C. Lynn, H. M. Elsey** : Les effets du film superficiel dans la commutation. — **T. M. Linville, H. C. Ward Jr** : Le court-circuit des machines à courant continu. — **W. S. McCulloch** : Le cerveau en tant que machine à calculer. — **A. Howard** : Les turbines à gaz pour la fourniture de l'énergie et autres applications. — **R. T. Lundy** : Un instrument pour les mesures de commutation. — **T. Brownlee** : Une nouvelle technique de mesure d'éclairs. — **K. N. Mathes, L. E. Sieffert, H. P. Walker, R. H. Lindsey** : Les contaminants de l'isolement électrique. — **C. A. Dahlbom, A. W. Horton, D. L. Moody** : Les impulsions de fréquences multiples dans la commutation. — **A. Montani** : Le mécanisme du déplacement supersonique. — **Comité A.I.E.E.**: Pertes de charge mesurée dans les moteurs à courant continu. — **C. M. Sinnett** : Les systèmes récepteurs en télévision. — **Comité A.I.E.E.** : Protection sans disjonction pour les hauts voltages. — **R. L. Reynolds** : Effet de fluctuation de la charge dans les turbines à vapeur.

LA RECHERCHE AERONAUTIQUE N° 10, juillet-août 1949. — **G. Gontier** : Soufflerie sonique de l'Institut de Mécanique des Fluides de Lille. — **R. Mazet** : Sur la stabilité des mouvements qui commencent sans glissement. — **L. Pelletier** : Etude métallurgique de quelques points de soudure sur tôles Vedal de 1 mm d'épaisseur. — **R. Weber et W. Ruppel** : Flutter en régime supersonique. — **J. Bouzitat** : Altérations systématiques écartant la verticale apparente de la verticale vraie à bord d'un mobile. — **P. Lienard** : Champ sonore par une source ponctuelle en mouvement rectiligne uniforme dans un fluide parfait, spécialement dans le cas d'une vitesse supersonique. — **A. Tonski** : Résistance des tubes. — **R. Weber** : Sur les méthodes de calcul employées pour la recherche des valeurs et vecteurs propres d'une matrice. — **G. Eckart** : Conditions géodésiques d'un radiophare directionnel. Contribution à la théorie de la navigation précise.

LA TECHNIQUE MODERNE. Tome XLI, n[os] 13 et 14, 1er-15 juillet 1949. — **F. H. Raymond** : Conceptions modernes des machines à reproduire. — **G. Matte** : Progrès récents en métallographie. — **S. Charpentier** : Les tubes luminescents (fin). — **A. Fouille** : Les variateurs électroniques appliqués à la commande des machines-outils (fin). — **M. Adam** : Les nouvelles réalisations de la construction radioélectrique.

LA TECHNIQUE MODERNE. Tome XLI, n[os] 15-16, 1er-15 août 1949. — **G. Bruner** : Le XVIII[e] Salon international de l'Aéronautique. — **G. Bruner et R. Cazaud** : Le premier Congrès international des Industries Aéronautiques. — **R. Lemaire** : La navigation aérienne.

5° PERIODIQUES GENERAUX ET DIVERS

BULLETIN DE L'INSTITUT POLYTECHNIQUE DE JASSY, t. 3, n° 2 (juillet-déc. 1948). — **A. C. Climescu** : L'interversion des dérivées partielles mixtes du second ordre. — **L. Bruwier** : Sur l'intégration des systèmes d'équations linéaires à coefficients constants. — **A. Popovici** : La physique d'action. Une nouvelle physique unitaire. — **C. Demars** : Note sur le calcul du frettage des tuyaux en béton. — **N. Iosipescu** : Principes modernes employés à la construction des appareils de voie. — **G. Nebbia**: Une nouvelle méthode pour l'identification des donneurs de méthyl biologiques. — **E. Diaconescu** : Sur la préparation des solutions injectables de sucre interverti. — **C. Budeanu** : La condensation des isothiocyanates avec les oxymes. — **T. Saveanu** : Méthode de calcul de l'eau évaporée dans l'industrie du sucre. — **E. Ionescu** : Eléments du magnétisme terrestre à Jassy en 1948. — **V. L. Nadolschi** : Sur une méthode simple de réglage d'un équatorial. — **V. Gomolu** : L'histoire naturelle dans l'œuvre de « Danubius » de Marsil. — **C. Motas, J. Tonasachi, N. Botnariuc** : Sur quelques hydracariens recueillis en Yougoslavie dans le bassin de la Bosna. — **V. S. Ananthachar** : Une condition suffisante pour l'existence d'une dérivée. — **E. Fenyo** : Sur une classe d'équations intégrales et intégro-différentielles. — — **L. Godeaux** : Sur certains points unis isolés des évolutions cycliques d'ordre 17 appartenant à une surface algébrique. — **A. C. Climescu** : Sur un développement analogue à la série de Lambert. — **C. P. Bogdan** : Sur les surfaces lieux de coniques. — **I. Creangä** : Sur une correspondance par plans tangents orthogonaux entre deux surfaces réglées. — **V. Petrescu, E. Lucas** : Sur l'amélioration de la mesure de l'induction magnétique à l'aide de la spirale de bismuth. — **D. I. Mangeron** : Quelques procédés de calcul dans la théorie des formules de majoration des systèmes différentiels. — **G. Alexa, C. Simionescu** : Considérations sur l'huile de pépins de raisins.

EXPERIENTIA. Vol. 5, fasc. 8, août 1949. — **W. Wundt** : Die Flumäander als Gleichgewichtsform der Erosion. — **P. D. Nieuwkoop** : The present state of the problem of the « Keimbahn » in the Vertebrates. — **A. I. Virtanen** : On the role of the substance presents in the Seeds and arising in them during Germination in the growth of plants.

JOURNAL DES RECHERCHES DU C.N.R.S., n° 9, 1949. — **Ch. Guillaud** : Propriétés d'aimant des poudres ferromagnétiques. Cas particulier de l'alliage MnBi. — **R. Ulrich** : La conservation des cataignes par le froid en atmosphère contrôlée. — **Mlle G. Nicoud** : Etude de l'estérification du mannitol par le chlorure de lauroyle en milieu pyridique. — **P. de Beauchamp** : Quelques bryozoaires observés près des stations hydrobiologiques du C.N.R.S. — **A. Pacaud** : Elevages combinés mollusques-gladocères. Introduction à l'étude d'une biocoennose limnique.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE. T. 247, n° 5, mai 1949. — **G. L. Kelley** : La vie et l'œuvre de Edward Gowen Budd. — **A. S. Fitzgerald** : Sur les amplificateurs magnétiques II. — **W. H. Worrilow** : Les fonderies : leur passé et leur avenir. — **W. K. Zworykin, L. E. Flory et W. S. Pike** : Recherches sur les aides de lecture pour les aveugles. — **I. Prigogine, P. Van Rysselberghe, J. L. Finck**: Discussion de « Sur la seconde loi du point de vue de l'équation d'état ».

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, t. 42, n° 1, janvier 1949. — **D. B. Judd** : Fonctions de réponse pour différents types de vision selon la théorie de Müller. — **C. E. Weir** : Coefficients de

contraction du collogène de tendon. — **W. V. Loebenstein, L. F. Gleysteen, V. R. Deitz** : Etude cinétique de la réaction des carbones adsorbants avec l'oxygène. — **W. N. Harrison et D. G. Moore** : Résistance aux intempéries de porcelaines émaillées exposées pendant sept ans. — **H. D. Huskey, D. R. Hartree** : Sur la précision d'un certain procédé d'intégration numérique. — **R. Oehler, T. J. Kilduff** Traitement du cuir par les résines synthétiques. — **J. J. Freeman** : Spectre de bruit d'une diode avec un champ retardateur.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. T. 42, n° 2, février 1949. — **A. Brenner et S. Senderoff** : Un contractomètre à spirale pour mesurer la tension dans les électrodépôts. — **A. Brenner, S. Senderoff** : Calcul de la tension dans les électrodépôts à partir de la courbure d'un fragment. — **A. Mc Kee, J. F. Swindells, H. S. White, W. Mountjoy** : Essais d'usure au laboratoire avec des lubrifiants d'engrenages. — **E. M. Levin et H. F. Mc Murdie** : Le système BaO, B_2O_3. — **M. B. Epstein, B. J. Mair, C. B. Willingham, F. D. Rossini** : Séparation de la fraction 177-200° C du pétrole et isolement de l'undécane normal. — **R. Stair** : Mesures d'hiver de l'ozone sur les monts Organ (New Mexico). — **C. A. Faick, A. E. Williams, G. F. Rynders** : Effet des courants de convection sur la distribution des stries dans les verres optiques. — **A. Q. Tool et J. B. Saunders** : Effet d'expansion dans le recuit des verres de thermomètres au borosilicate. — **C. C. Kiess et G. Shortley** : L'effet Zeeman et les valeurs de g pour l'azote et l'oxygène neutres.

LA NATURE. N° 3171, juillet 1949. — **M. Laffineur** : Ondes de l'espace. Nouveaux moyens de lutte contre la tuberculose. — **L. Lobel** : Un nouveau système de numérotation des diaphragmes des objectifs photographiques. — **P. Devaux** : Evolution du « parc de traction » des chemins de fer français. Matières textiles à base de nitrile acrylique. — **J. Piveteau** : Images de mondes disparus. — **R. Leprêtre** : La protection des matériels électriques contre les actions de climat. — **R. Merle** : Malacologie de guerre. — **L. Perruche** : Chimiurgie. — **R. Taton** : Laplace.

LA NATURE. N° 3173, septembre 1949. — **P. E. Henry** : L'aménagement du bassin de la Seine. — **J. Surugue** : La turbine à gaz. — **P. Thoyer-Rozat et A. Perroy** : La radioscopie électronique. — **H. Lambert** : Les néolithiques trépanèrent-ils les animaux? — **P. Devaux**: Vers un « robot un-i versel ». — **Ch. Naux** : Du baromètre à l'idée d'éther. — **J. Piveteau** : Images de mondes disparus. — **C. Hubert** : Le curieux nombre 9.376. — **F. Appell** : La distillation moléculaire et son application aux huiles. — **M. Deribère** : L'avion et la pêche à la baleine.

PHILIPS RESEARCH REPORTS. T. 4, n° 1, février 1949 et T. 4, n° 2, avril 1949. — **H. Bremmer** : Quelques remarques sur la double réfraction ionosphérique. — **B. B. van Iperen**: Sur la génération des oscillations électromagnétiques dans une spirale, par un courant électronique axial. — **B. D. H. Tellegen** : La synthèse des bipôles passifs. — **K. F. Niesen**: Relaxation dans l'effet de peau anormal. — **J. A. Haringx**: Sur les ressorts hélicoïdaux, les tiges de caoutchouc et les montages sans vibrations. — **D. Saxon et R. A. Hutner** : Quelques propriétés électroniques d'un modèle de cristal unidimensionnel. — **P. Cornelius, H. C. Hamaker** : Le système Giorgi rationalisé et ses conséquences. — **K. F. Niessen** : Impédance superficielle anomale en fonction de l'intensité du champ.

PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH. T. A LXII, 1947-49, n° 4. — **E. M. Wright** : L'équation aux différences et différentielle linéaire à coefficients constants. — **D. N. Lawley** : Problèmes d'analyse factorielle. — **H. Dingle** : La nature de la philosophie scientifique. — **G. L. Clark** : Sur la masse gravitationnelle d'un système de corpuscule. — **G. L. Clark** : L'équivalence des masses gravitationnelle et invariante d'un corps isolé au repos. — **G. L. Clark** : Les champs intérieur et extérieur d'une particule dans un champ gravitationnel. — **G. L. Clark** : La mécanique de la matière continue en théorie de la relativité. — **I. M. H. Etherington** : Arithmétiques non associatives. — **D. E. Rutherford** : Sur les matrices commutantes et les algèbres commutatives. — **L. Mirsky** : Généralisations d'un théorème de Pillai. — **M. Born et H. S. Green** : Théorie quantique des masses au repos.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. 20 juillet 1949. — **R. Collin** : La sciences des monstres. — **M. H. Faes** : Où en est la protection contre les radiations. — **J. Dopp**: L'objet et les méthodes de la logique.

REVUE TRIMESTRIELLE CANADIENNE (Montréal), n° 137, printemps 1949. — **J. Tourillon** : The improvement of the Richelieu Waterway. — **C. D. Ratelle** : Brake Linings ans Cluth Facings. — **H. Mhun** : Evolution de la production manufacturière et hydroélectrique au Canada. — **Tngreenwood** : The Scientific Views of the Albert the Great. — **A. Rousset** : Il y a vingt ans, dans l'Inde, naissait l'effet Raman. — **P. H. Casselman** : Seasonality of Strikes in Canada, 1921-45. — **L. de Broglie** : Isaac Newton et la nature de la lumière. — **J. G. Kirchheimer** : L'œuvre culturelle de la France en Allemagne. — **R. Sudre** : Le centre de physique du globe de Strasbourg.

SCIENCE PROGRESS, avril 1949, n° 146. — **E. K. Rideal** : La dissolution des colloïdes. — **R. Fürth** : La structure des liquides. — **T. M. Harris** : Progrès récents de la Paléobotaniques. — **H. Dingle** : La science et le professeur Bernal. — **J. W. Boag** : Générateurs électrostatiques.

SCIENTIA, 84, 1949, n° 3-4. — **V. Ronchi** : Analogies et divergences entre la vision et l'audition. — **S. de Backer** : Le microclimat et la biologie. — **D. Kotsovsky** : La gérontologie internationale. — **A. J. Arberry** : Caractéristiques et tendances du mysticisme islamique. — **R. Numelin** : Le droit d'asile.

SCIENZA E LAVORO, IV, n°4, avril 1949. — **N. Casteret** : L'empreinte du passage de l'homme préhistorique. — **E. Luparelli** : L'industrie cinématographique (III). — **E. Tortonese** : La lumière dans les ténèbres marines. — **S. Caldara** : Le magnésium de la mer. — **M. Mackay** : Les sous-produits du sang.

SCIENZA E LAVORO, n° 5, mai 1949. — **G. Aliverti** : La radioactivité naturelle et artificielle en géologie et en géophysique. — La construction navale en bois en lamelles. — **V. Vialli** : Les foraminifères.

SCIENZA E LAVORO, n° 6, juin 1949. — **R. Fabiani** : L'éruption d'un puits de pétrole. — **E. Comolli** : Le nouveau-né.

SCIENZA E LAVORO, n° 7, juillet 1949. — **A. Giarratana** : Une nouvelle matière première : le méthane. — **L. Priori** : L'éclairage par la fluorescence. — **L. Pardi** : Le cycle biologique de la fourmi Eciton.

SCIENZA E TECNICA, vol. 9, fasc. 11-12, nov.-déc. 1948. — **R. Giacomelli** : L'exploit des frères Wright. — **G. Bruni** : L'action cinétique en pharmacie. — Nouvelles scientifiques et techniques.

SCIENZA E TECNICA, vol. 10, fasc. 1-2, janv.-fév. 1949. — **R. Avatteano** : Une erreur de technique agraire qui a causé de grands dommages à l'agriculture de l'Italie centrale, méridionale et de la zone méditerranéenne. — **W. Kaempffert** : Une nouvelle réalisation puissante dans l'histoire de la Science. — Nouvelles scientifiques et techniques.

SCIENZA E TECNICA, vol. 10, fasc. 3-4, mars-avril 1949. — **G. Provenzal** : Science et Philosophie. — Ettore et Angelo Mengoli. — **Del Ren** : La réforme législative de Grégoire XVI en matière de santé et l'édit du 20 juillet 1834. — Notices scientifiques et techniques.